

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль Электроснабжение

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование электроснабжения механического цеха металлоконструкций ПАО «ТРК»

УДК 621.31.031.001.6:691.7.002

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Гайдамак Алексей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭЭ ИШЭ	Попов М.М.	—		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фигурко А.А.	К. Э. Н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская А.М.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	К. Т. Н., доцент		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ОК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Уметь формулировать задачи в области <i>релейной защиты и автоматики</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-3, ПК-6, ПК-7), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Уметь проектировать <i>противоаварийную автоматику, релейную защиту</i> .	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-8, ПК-9–14), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния релейной защиты и противоаварийной автоматики, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ПК-6, ПК-38–44, ПК-51), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области релейной защиты и противоаварийной автоматики.	Требования ФГОС (ПК-14, ПК-16, ПК-20–21, ПК-37), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Иметь практические знания принципов и технологий релейной защиты и противоаварийной автоматики отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-18, ПК-23–28, ПК-30, ПК-37, ПК-45, ПК-46–51), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-10, ОК-14, ПК-14, ПК-20, ПК-28, ПК-29, ПК-31), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-2, ОК-11, ОК-12, ОК-15, ПК-1, ПК-10, ПК-19, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-3, ОК-7, ПК-32, ПК-34), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями

Код результ ата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-7, ОК-9, ПК-4, ПК-35), <i>CDIO Syllabus</i> (2,5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электроэнергетики</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-8, ОК-9, ПК-5, ПК-21, ПК-22, ПК-36), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электроэнергетики</i> .	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6, ОК-10, ОК-13, ОК-16, ПК-31, ПК-33), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики
Отделение Электроэнергетики и электротехники
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Профиль Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студент:

Группа	ФИО
3-5А3Д1	Гайдамак Алексей Александрович

Тема работы:

Проектирование электроснабжения механического цеха металлоконструкций ПАО «ТРК»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	24.04.2018г. № 2900/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Генплан механического цеха металлоконструкций ПАО «ТРК». План цеха. Электрические нагрузки базы. Характеристика среды производственных помещений. Типы и мощности электроприемников установленных в цеху.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Общие сведения о предприятии. Описание объекта, цели и постановка задач исследования. Расчёт электрических нагрузок и общей мощности предприятия. Расчет токов короткого замыкания; выбор и проверка оборудования и аппаратуры. Расчет электрической сети цеха и выбор аппаратов защиты. Технико-экономические расчёты. Производственная и экологическая безопасность;

	анализ результатов выполненной работы.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Схема внешнего электроснабжения. Генплан предприятия и картограммам эл. нагрузок. План цеха. Эпюры отклонения напряжения и карта селективности. Однолинейная схема внешнего электроснабжения. Однолинейная схема цеха.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение	Доцент, кандидат экономических наук Фигурко Аркадий Альбертович
Социальная ответственность	Ассистент Ледовская Анна Михайловна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭЭ ИШЭ	Попов М.М.	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Гайдамак А. А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студент:

Группа	ФИО
3-5А3Д1	Гайдамак Алексей Александрович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Должностной оклад научного руководителя составляет 26300 руб 2. Должностной оклад инженера 17000 руб
Нормы и нормативы расходования ресурсов	1. Нормы амортизации. 2. Районный коэффициент составляет 30%.
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	1. Отчисления по страховым взносам составляют 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Планирование работ и определение их временных оценок. 2. Смета затрат на проектирование.
2. Планирование процесса управления НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок.	3. Смета затрат на спецоборудование
3. Оценка ресурсной, финансовой, экономической эффективности ИР (инженерного решения).	4. Анализ полученных результатов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

График выполнения проектных работ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Фигурко А.А.	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Гайдамак А. А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студент:

Группа	ФИО
3-5А3Д1	Гайдамак Алексей Александрович

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Система электроснабжения механического цеха металлоконструкций ПАО «ТРК»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты)

1. Анализ следующих вредных факторов:

- Отклонение параметров микроклимата;
- Шум;
- Вибрация;
- Электромагнитное излучение;
- Недостаточный уровень освещения.

2. Анализ следующих опасных факторов:

- Поражение электрическим током;
- Механические травмы от движущихся механизмов и машин.

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны
- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.

Анализ воздействия на литосферу: образование отходов, связанных с обслуживанием системы электроснабжения предприятия.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Наиболее возможными ЧС в рассматриваемой рабочей зоне является пожар. Разработка мер безопасности по необходимому оснащению (первичные средства пожаротушения, пожарная сигнализация, система автоматического пожаротушения); превентивных мер по предупреждению ЧС и действий в результате ее возникновения.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Организационные вопросы обеспечения безопасности в рабочей зоне для электро-технического персонала

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД ИШНКБ	Ледовская А. М.	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5А3Д1	Гайдамак А. А.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение Электроэнергетики и электротехники

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электроснабжение

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
09.02.18	Выбор схемы электроснабжения цеха. Расчет нагрузок цеха.	10
25.02.18	Определение расчетных электрических нагрузок по цехам и по заводу в целом. Построение картограммы и определение условного центра электрических нагрузок.	15
05.03.18	Выбор количества, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций с учетом компенсации реактивной мощности.	15
17.03.18	Выбор и проверка внутризаводских линий. Расчет потерь в КТП и внутризаводских линиях. Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП. Выбор и проверка питающих линий ГПП.	10
21.03.18	Расчет токов КЗ выше 1 кВ. Проверка внутризаводских линий по токам КЗ.	5
06.04.18	Выбор и проверка высоковольтного оборудования	10
13.04.18	Выбор распределительных пунктов в сети ниже 1000В. Расчет токов короткого замыкания в сети ниже 1000 В. Выбор аппаратов защиты и построение карты селективности действия защитных аппаратов. Построение эпюр отклонения напряжения от ГПП до наиболее мощного и удаленного ЭП.	10
11.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	15
15.05.18	Социальная ответственность.	10
Итого		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭЭ ИШЭ	Попов М.М.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Шестакова В.В.	К.Т.Н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 115 страниц, 14 рисунков, 37 таблиц, 41 источник, 5 приложений.

Ключевые слова: трансформатор, выключатель, разъединитель, структура, автоматический выключатель, трансформаторная подстанция, распределительный пункт.

Объект исследования – база металлоконструкций ПАО «ТРК».

Цель работы – разработка схемы электроснабжения механического цеха базы металлоконструкций ПАО «ТРК».

В процессе исследования проведен:

- расчет нагрузки базы металлоконструкций;
- расчет нагрузки механического цеха;
- выбор схемы электроснабжения базы и цеха.

В результате исследования выбрано и проверено:

- высоковольтное оборудование для электроснабжения базы;
- аппараты защиты для электроприемников цеха;
- сечение и марка силовых кабельных линий.

Дипломная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2003, Microsoft Office Excel 2003, AutoCAD 2005.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
1 Характеристика предприятия	11
2 Определение расчетной нагрузки <u>механического</u> цеха	16
3 Определение суммарной нагрузки потребления <u>в</u> целом по базе	21
4 Картограмма и определение центра <u>электрических</u> нагрузок	26
5 Выбор числа и мощности трансформаторов <u>цеховых</u> подстанций	29
6 Схема внешнего электроснабжения	35
7 Схема внутриводской сети 6 – 10 кВ	38
8 Расчет токов короткого замыкания <u>в</u> сети выше 1000 В	44
9 Электроснабжение цеха	50
9.1 Распределение и расчет нагрузок	51
9.2 Выбор распределительных пунктов	60
9.3 Выбор и проверка электрических аппаратов	61
и токоведущих частей в сети до 1кВ	61
9.4 Выбор сечения силовых линий	62
10 Построение эпюры отклонения напряжения	69
10.1. Расчет потерь напряжения <u>для</u> максимального режима нагрузок ..	70
10.2 Расчет для минимального режима нагрузок	72
10.3 Расчет для послеаварийного режима	72
11 Расчёт токов короткого замыкания в сети до 1000 В	74
12 Построение карты селективности для <u>участка</u> цеховой сети	78
13 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 81	
13.1 Инициализация исследования и	81
его технико-экономическое обоснование	81
13.2 Планирование проекта	82
13.3 Смета затрат на проект	84
13.3.1 Материальные затраты	84
13.3.2 Затраты на заработанную плату	84

13.3.3 Отчисления в социальные фонды	85
13.3.4 Амортизационные отчисления	86
13.3.5 Прочие расходы	86
13.3.6 Накладные расходы	86
13.4 Смета затрат на электрооборудование.....	87
13.5 Расчет эксплуатационных затрат.....	88
14 Социальная ответственность	93
14.1 Производственная безопасность.....	93
14.1.1 Анализ вредных факторов	93
14.1.2 Анализ опасных факторов	98
14.2 Экологическая безопасность	103
14.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	105
14.4 Правовые и организационные вопросы	109
обеспечения безопасности проектируемой зоны.....	109
Заключение	111
Список используемых источников	112

ВВЕДЕНИЕ

Системы электроснабжения промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приёмников электрической энергии, к которым относятся электродвигатели различных машин и механизмов, электрические печи, электролизные установки, аппараты и машины для электрической сварки, осветительные установки и другие промышленные приёмники электроэнергии. Задача электроснабжения промышленных предприятий возникла одновременно с широким внедрением электропривода в качестве движущей силы различных машин и механизмов и строительством электрических станций.

В настоящее время большинство потребителей получают электрическую энергию от энергосистем. В то же время на ряде предприятий продолжается сооружение и собственных ТЭЦ.

По мере развития электропотребления усложняются и системы электроснабжения промышленных предприятий. В них включаются сети высоких напряжений, распределительные сети, а в ряде случаев и сети промышленных ТЭЦ. Возникает необходимость внедрять автоматизацию систем электроснабжения промышленных предприятий и производственных процессов, осуществлять в широких масштабах диспетчеризацию процессов производства с применением телесигнализации и телеуправления и вести активную работу по экономии электрической энергии.

Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий велось в централизованном порядке в ряде проектных организаций. В результате обобщения опыта проектирования возникли типовые решения.

В настоящее время созданы методы расчёта и проектирования цеховых сетей, выбора мощности трансформаторов, методика определения электрических нагрузок, выбора напряжения, сечений проводов и жил кабелей и т.п.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПРИЯТИЯ

Публичное акционерное общество "Томская распределительная компания" – это региональная энергетическая компания, обеспечивающая передачу и распределение электроэнергии на всей территории области.

В компанию входят три территориальных дирекции: Центральные электрические сети, Северные электрические сети, Восточные электрические сети, в состав которых включены 19 районов электрических сетей, и два производственных отделения: по информационным технологиям и телекоммуникациям и Центр управления сетями.



Рисунок 1.1 – Общие сведения о ТРК

Восточные электрические сети

История Восточных электросетей началась в 1948 году с того, что в деревянной пристройке к бане Асиновского колхоза для освещения жителей села Асино была пущена первая электростанция с генератором 50 кВА напряжением 230/127 В, работающим от локомобиля мощностью 25 л.с. В 1956 году состоялась пуск новой городской электростанции с двумя генераторами по 320 кВА, локобилем «Баку-Вольф» мощностью 300 л.с. и новыми линиями электропередач. 18 февраля 1965 г. Асиновская горэлектростанция на основании приказа РЭУ «Томскэнерго» № 13 переименована в Восточные электрические се-

ти (ВЭС). Главная база ТД ВЭС находится в г. Асино, на территории которой расположены склады, гаражи, служебные помещения, а также есть и трансформаторные подстанции (ТП), от которых происходит электропитание всей базы, и тд. В неё входит несколько служб: Оперативно-диспетчерская служба (ОДС), Асиновские районные электрические сети (АРЭС), служба подстанций (ТМХ), служба релейной защиты и автоматики (РЗА), автоколонна (АТП), служба охраны, служба изоляции и защиты от перенапряжений и испытаний (СИЗПИ) и другие службы. Все эти службы производят монтаж, наладку, техническое и оперативное обслуживание, поддерживают рабочие режимы, производят различные испытания, замеры оборудования ТД ВЭС.

Восточные электрические сети обслуживают группу районов, в которых преобладают сельскохозяйственная отрасль, лесозаготовка, местная и деревообрабатывающая промышленность, железнодорожный транспорт.

В настоящее время ВЭС представляют собой одно из крупнейших предприятий г. Асино, успешно выполняющее задачу по бесперебойному и качественному энергоснабжению пяти восточных районов Томской области. Протяженность ВЛ всех уровней напряжения по трассе составляет 3346,7 км, в том числе высоковольтных 35-110 кВ – 1029 км. Сооружено трансформаторных подстанций 35-110кВ – 26 шт. Численность персонала на 2016 года – 290 человек.

Механический цех расположен на базе металлоконструкций. В нем изготавливают различные конструкции, арматуру и приспособления для воздушных линий электропередач, трансформаторных подстанций, а также много других разных изделий необходимых в процессе трудовой деятельности. Изделия для ВЛ : траверсы разных видов для разных видов опор , различные монтажные крюки, бандажи для закрепления ЖБ приставки с деревянными опорами и много других изделий для различных конструкций опор. Для ТП : различные площадки под ТП для обслуживания ТП, ограждения, запирающие устройства и много другого. В цехе производится заготовка изделия, покраска и сушка.

Исходные данные

Таблица 1.1 – Характеристика помещений

№ Цеха	Наименование цеха	Характеристика производственной среды	Степень защиты электрооборудования	Категория ЭП по надежности питания
1	Главный корпус, контора	Нормальная	IP20	II
2	Служба охраны	Нормальная	IP20	III
3	Автомобильный бокс	Нормальная	IP20	III
4	Диспетчерская	Нормальная	IP20	II
5	Центральный склад	Нормальная	IP20	III
6	Механический цех	Жаркая, пыльная	IP44	II
7	Служба РЗА	Нормальная	IP20	III
8	Мастерская АРЭС, СИЗПИ	Нормальная	IP20	III
9	Автомобильный бокс	Нормальная	IP20	III
10	Склад АРЭС	Нормальная	IP20	III
11	РММ	Нормальная	IP20	III
12	Автомобильный бокс для грузовых автомобилей	Нормальная	IP20	III

Таблица 1.2 – Сведения об электрических нагрузках базы

	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт
1	Главный корпус, контора.	1	100
2	Служба охраны	2	30
3	Автомобильный бокс	1	20
4	Диспетчерская	2	50
5	Центральный склад	1	10
7	Служба РЗА	1	30
8	Мастерская АРЭС, СИЗПИ	1	50; 20
9	Автомобильный бокс		10
10	Склад АРЭС	1	10
11	РММ 10 кВ. 0,38 кВ	1	100 200
12	Автомобильный бокс для грузовых автомобилей		50
	Общая мощность, кВт. 10 кВ 0,38 кВ.		100 1110

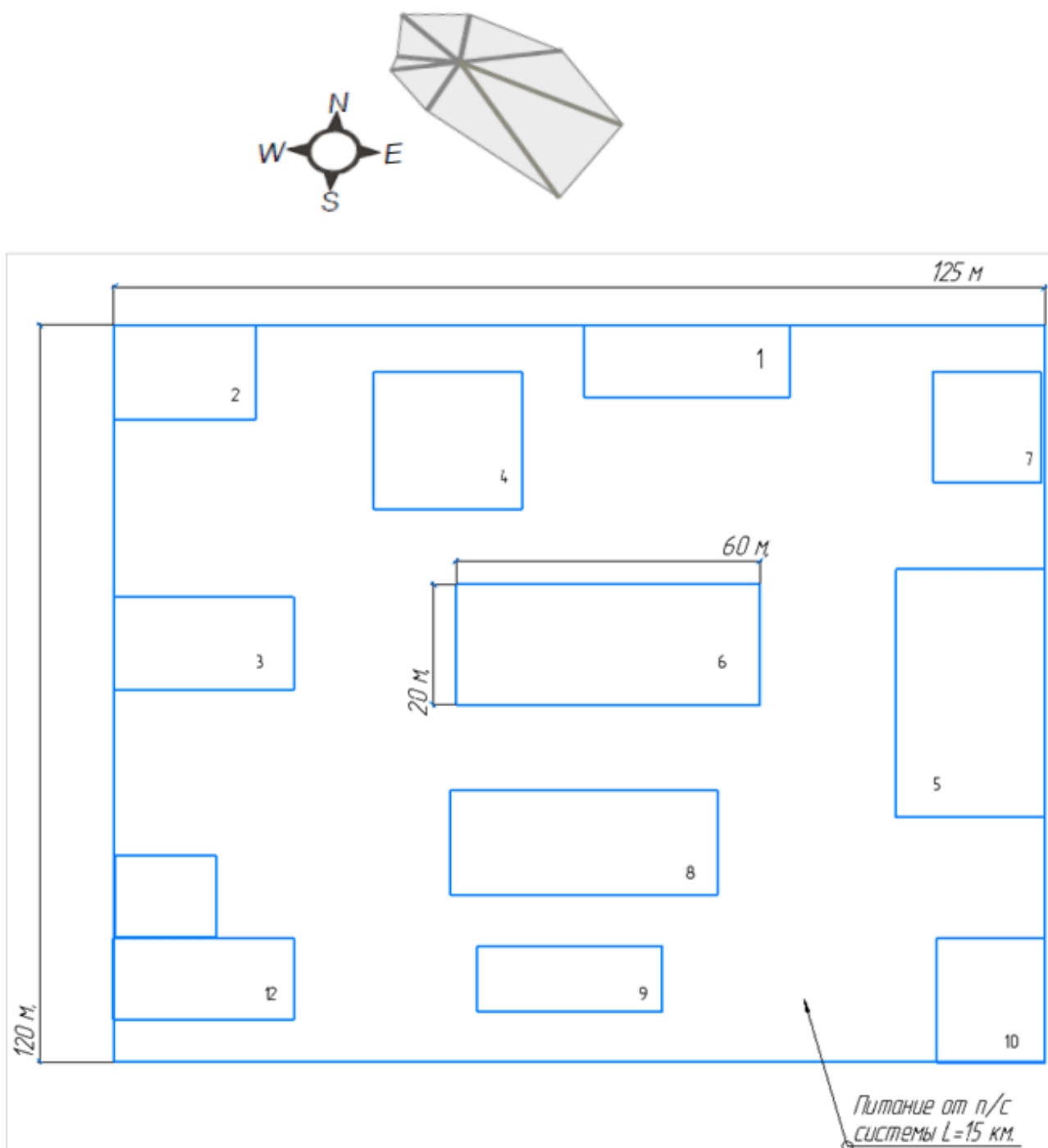


Рисунок 1.2 – Генеральный план базы

Таблица 1.3 – Сведения об электрических нагрузках механического цеха

Обозначение ЭП на плане цеха.	Наименование ЭП.	Количество ЭП, шт.	Номинальная мощность P_n , кВт.
1,2	Сверлильный станок	2	15
3,4,5	Токарный станок	3	18
6	Фрезерный станок	1	16
7,8	Сварочный трансформатор	2	40
9,10	Кран-балка	2	30
11	Гидравлический пресс	1	30
12,13	Электротермическая печь	2	60
14,15	Вытяжка печи	2	15
16,17	Вытяжка	2	3
18,19	Вентилятор	2	22
20,21	Шлифовальный станок	2	20
22	Компрессор	1	20
	Итого мощность, кВт.		530

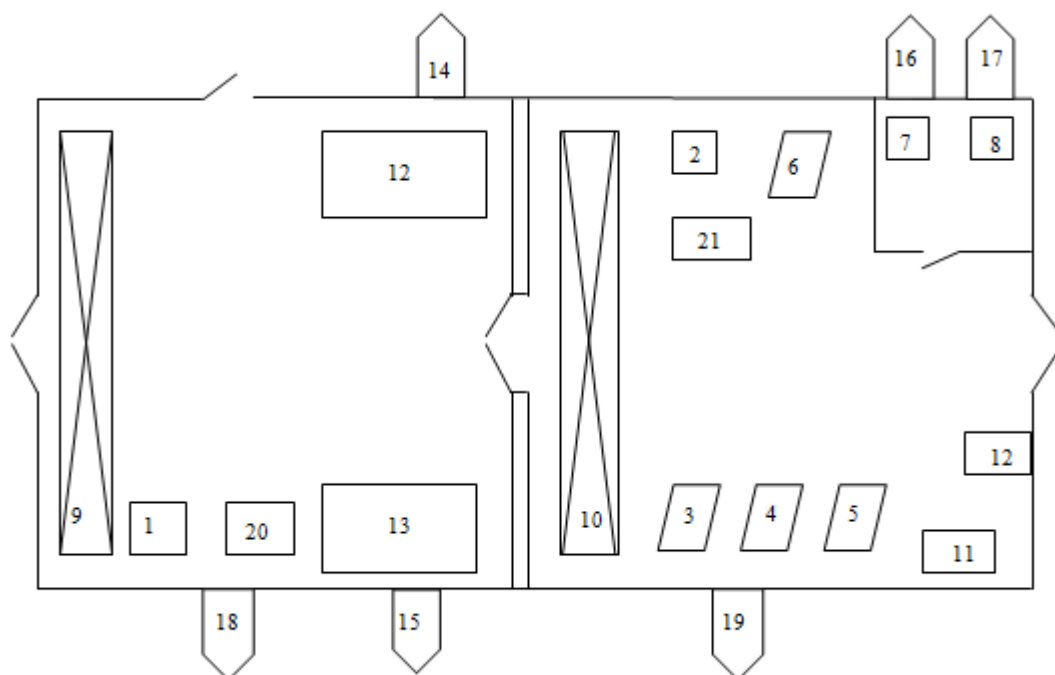


Рисунок 1.3 – План механического цеха

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ НАГРУЗКИ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА

Электрические нагрузки систем электроснабжения (СЭС) определяются для выбора числа и мощности силовых трансформаторов, мощности и места подключения компенсирующих устройств, выбора и проверки токоведущих элементов по условию допустимого нагрева, расчета потерь и колебаний напряжения и выбора защиты.

Под максимальной (расчетной) нагрузкой понимают наибольшее значение нагрузки элементов СЭС, усреднённое на интервале времени, за которое температура этих элементов достигает установившегося значения.

Расчетная силовая нагрузка цеха, электроснабжение которого разрабатывается подробно в работе, определяется по методу упорядоченных диаграмм. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

- а) электроприемники с переменным графиком нагрузки – $K_u < 0,6$;
- б) электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки – $K_u \geq 0,6$.

При расчетах электрических нагрузок удобно пользоваться специальной таблицей 2.1.

Расчёт электрических нагрузок производим с использованием следующих формул:

Установленная (номинальная) мощность отдельных электроприёмников принимается равной:

- а) для электродвигателей длительного режима работы:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}};$$

где $P_{\text{пасп}}$ – номинальная мощность на валу электродвигателя;

- б) для электродвигателей повторно-кратковременного режима работы:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{ПВ}, \text{ кВт};$$

где $\sqrt{ПВ}$ – паспортная продолжительность включения, отн. ед.;

- в) для силовых электропечных трансформаторов – паспортной мощности,
 г) для сварочных трансформаторов:

$$S_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{ПВ}, \text{ кВА};$$

$$P_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{ПВ} \cdot \cos\varphi, \text{ кВт};$$

- д) крановая установка рассматривается, как один ЭП, при этом мощности всех двигателей складываются:

$$P_{\text{ном}} = \sum_1^n P_{\text{ном}i}, \text{ кВт};$$

где n – число ЭП; $P_{\text{ном}i}$ – номинальная активная мощность i -го ЭП.

$$m = \frac{P_{\text{номmax}}}{P_{\text{номmin}}} = \frac{60}{15} = 4$$

где $P_{\text{номmax}}$ – максимальная мощность 1-го ЭП, $P_{\text{номmin}}$ – минимальная мощность 1-го ЭП.

Средняя активная нагрузка за максимально загруженную смену для каждой группы ЭП определяется:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}, \text{ кВт};$$

для 1 группы: $P_{\text{см}} = 0,14 \cdot 100 = 14$ и так для следующих групп результаты заносим в таблицу 2.1.

Средняя реактивная нагрузка за максимально загруженную смену для каждой группы ЭП определяется:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \tg\varphi, \text{ квар.}$$

для 1 группы: $Q_{\text{см}} = 14 \cdot 1,73 = 24,3$ и так для следующих групп результаты заносим в таблицу 2.1.

$K_{\text{и}}$ и $\cos\varphi$ для каждого ЭП или группы ЭП принимаются по справочным данным. Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}} = \frac{125,2}{430} = 0,3$$

где $\sum P_{\text{см}}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную

смену группы электроприемников цеха, кВт;

$\sum P_{ном}$ – суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха, кВт.

Эффективное число ЭП ($n_{э}$) – количество одинаковых по мощности и режиму работы условных ЭП, которые создают такой же полчасовой максимум, как и расчетная группа ЭП с различными режимами работы и номинальными мощностями.

$$n_{э} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_{ном i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{ном i}^2};$$

При большом числе групп ЭП допускается считать $n_{э}$ равным n при числе ЭП в группе четыре и более и соблюдении отношения:

$$m = \frac{P_{ном max}}{P_{ном min}} \geq 3.$$

При определении m исключены ЭП, мощность которых не превышает 5% номинальной мощности всей группы.

При $m > 3$ и $K_u > 0,2$ $N_{э}$ можно определить по более простой формуле:

$$n_{э} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ном i}}{P_{ном max}} = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^{15} 15}{60} = 7,5$$

округляем до наименьшего целого числа = 7.

Когда найденное по этой формуле $n_{э}$ окажется больше n , то следует принимать $n_{э} = n$.

При $K_u < 0,2$ $n_{э}$ определяется по справочной литературе.

Коэффициент максимума K_m определяется с учетом $n_{э}$ и K_u .

Для ЭП в длительном режиме работы практически с постоянным графиком нагрузки, у которых $K_u \geq 0,6$, значение K_m принимается равным 1.

Расчётные активная (P_m) и реактивная (Q_m) мощности группы приёмников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений

$$P_M = K_M \cdot P_{CM} = 1,23 \cdot 125,2 = 154 \text{ кВт}$$

где значение коэффициентов расчётной нагрузки K_M для сетей напряжение до 1кВ. принимается по табличным значениям.

$$Q_M = Q_{CM}, \text{ квар; при } n_3 > 10$$

$$Q_M = 1,1 Q_{CM} = 1,1 \cdot 143,8 = 158,2 \text{ квар; при } n_3 = 7 \leq 10.$$

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{p.o.} = P_{n.o.} K_{co} = 19,2 \cdot 0,85 = 16,4 \text{ кВт.}$$

K_{co} принимается по справочным данным. Величина $P_{n.o.}$ находится как:

$$P_{n.o.} = P_{y.d.o} F = 16 \cdot 1200 = 19,2 \text{ кВт.}$$

где $P_{y.d.o}$ – удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочным материалам). F – площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Полная расчётная нагрузка цеха (с учётом освещения) определяется по формуле:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{251^2 + 207,7^2} = 326 \text{ кВА;}$$

Расчетный ток:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{326}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 496 \text{ А.}$$

Все произведённые расчеты заносим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 –. Расчет электрических нагрузок механического цеха

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Рном		$m = \frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин.}}$	Коэф-нт исп-ия K_{η}	\cos / tg	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное количество ЭП n_3	Коэффициент максимума, K_m	Максимальная нагрузка			$I_m = S_m / 1,73 U_n, A$
			P_n	ΣP_n				$P_{см} = K_{\eta} * \Sigma P_n, \text{ кВт}$	$Q_{см} = P_{см} * \text{tg}, \text{ квар}$			$P_m = K_m * P_{см}, \text{ кВт}$	$Q_m = Q_{см}, \text{ квар, при } n_3 > 10$ $Q_m = 1,1 Q_{см}, \text{ квар, при } n_3 \leq 10$	$S_m, \text{ кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Приёмники группы А														
1-2	Сверлильный станок	2	15	30		0,14	0,5/1,73	4,2	7,3						
3-5	Токарный станок	3	18	54		0,14	0,5/1,73	7,6	13,2						
6	Фрезерный станок	1	16	16		0,14	0,5/1,73	2,2	3,8						
7-8	Сварочный агрегат	2	40	80		0,3	0,35/2,68	24	64,4						
9-10	Кран-балка	2	30	60		0,1	0,5/1,73	6	10,4						
11	Гидравлический пресс	1	30	30		0,24	0,65/1,17	7,2	8,5						
12-13	Электротермическая печь	2	60	120		0,5	0,95/0,33	60	19,8						
20-21	Шлифовальный станок	2	20	40		0,35	0,65/1,17	14	16,4						
	ИТОГО по ЭП с переменным ГЭН	15	15-60	430	>3	0,3		125,2	143,8	7	1,23	154	158,2		
	Приёмники группы Б														
14-17	Вытяжка	4	3-15	36	5	0,65	0,8/0,75	23,4	17,6						
18-19	Вентилятор	2	22	44	1	0,65	0,8/0,75	28,4	21,4						
22	Компрессор	1	20	20	1	0,7	0,8/0,75	14	10,5						
	ИТОГО по ЭП с постоянным ГЭН	7	3-22	100	7,3			66	49,5	1	1,22	80,5	49,5		
	Итого по цеху силовая	22		530				191	193,3			234,5	207,7		
	Освещение			19,2		0,85		16,4				16,4			
	Итого по цеху			549								251	207,7	326	496

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ НАГРУЗКИ ПОТРЕБЛЕНИЯ В ЦЕЛОМ ПО БАЗЕ

Расчетная полная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Расчетная нагрузка на шинах НН, определяется с учётом силовой и осветительной нагрузки по формуле:

$$P_{p.n} = P_p + P_{p.o}, \text{ кВт.}$$

$$Q_{p.n} = Q_p + Q_{p.o}, \text{ кВАр.}$$

где P_p , $P_{p.o}$ соответственно расчетная активная мощность силовых потребителей и осветительных установок;

Q_p , $Q_{p.o}$ расчетная реактивная мощность силовых потребителей и осветительных установок (в случае использования источников света, отличных от ламп накаливания).

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений:

$$P_p = K_c \cdot P_n$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

где P_n – суммарная установленная мощность всех приемников цеха;

K_c – коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;

$\operatorname{tg} \varphi$ – принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Приемники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяются по выше приведенным формулам.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по ус-

тановленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{p.o.} = P_{n.o.} K_{co}$$

K_{co} принимается по справочным данным. Величина $P_{n.o.}$ находится как:

$$P_{n.o.} = P_{уд.o} F$$

где $P_{уд.o}$ – удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м² (принимается по справочным материалам).

F – площадь цеха, м² (определяется по генплану).

Для главного корпуса: $P_p = 100 \cdot 0,5 = 50$ кВт.

$$Q_p = 50 \cdot 0,75 = 37,5 \text{ кВар.}$$

$$P_{n.o.} = 18 \cdot 1000 = 18 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.o.} = 18 \cdot 0,9 = 16 \text{ кВт.}$$

$$P_{p.n.} = 50 + 16 = 66 \text{ кВт.}$$

Т.к. применяем лампы накаливания, то $Q_{p.n.} = Q_p = 37,5$ кВАр.

Аналогичный расчёт производим для всех цехов и значения записываем в таблицу 3.1 и 3.2.

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\Delta P_m = 0,02 S_{np};$$

$$\Delta Q_m = 0,1 S_{np};$$

$$\Delta P_l = 0,03 S_{np};$$

где S_{np} – расчетная мощность предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену. $S_{np} = 692$ кВА.

$$\Delta P_m = 0,02 \cdot 692 = 13,9 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_m = 0,1 \cdot 692 = 69,2 \text{ кВАр.}$$

$$\Delta P_l = 0,03 \cdot 692 = 20,7 \text{ кВт.}$$

Суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП, определяются суммой расчетных мощностей и потерь.

Таблица 3.1 – Определение расчетной максимальной нагрузки

№	Наименование объекта	$P_n, \text{кВт}$	K_c	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$
п/п	Потребители электроэнергии 0,38 кВ						
1	Главный корпус, контора	100	0,5	0,8	0,75	50	37,5
2	Служба охраны	30	0,5	0,8	0,75	15	11,3
3	Автомобильный бокс	20	0,3	0,7	1,02	6	6,12
4	Диспетчерская	50	0,5	0,8	0,75	25	18,8
5	Центральный склад	10	0,4	0,8	0,75	4	3
6	Механический цех металлоконструкций	550	0,35	0,7	1,02	193	197
7	Служба РЗА	30	0,5	0,8	0,75	15	11,3
8	Мастерская АРЭС, СИЗПИ	50; 20	0,5	0,8	0,75	35	26,3
9	Автомобильный бокс	10	0,3	0,7	1,02	3	3,06
10	Склад АРЭС	10	0,4	0,8	0,75	4	3
11	РММ	200	0,25	0,7	1,02	50	51
12	Автомобильный бокс для грузовых автомобилей	50	0,3	0,7	1,02	15	15,3
	Итого по 0,38 кВ	1110				415	384
	Потребители 6-10 кВ						
1	РММ 10 кВ.	100	0,25	0,7	1,02	25	25,5
	Итого по 10 кВ	100				25	25,5

Таблица 3.2 – Определение осветительных нагрузок

		Осветительная нагрузка				Силовая+осветительная			
№	Наименование объекта	$F, м^2$	$P_{уд}, Вт/м^2$	$P_{но}, кВт$	$K_{с.о.}$	$P_{ро}, кВт$	$P_p + P_{ро}, кВт$	$Q_p, квар$	$S_p, кВА$
п/п	<i>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</i>								
1	Главный корпус, контора	1000	18	18	0,9	16	66	37,5	76,2
2	Служба охраны	600	18	10,8	0,9	10	25	11	27,3
3	Автомобильный бокс	800	17	13,6	0,85	12	18	6	19
4	Диспетчерская	800	18	14,4	0,9	13	38	19	42,5
5	Центральный склад	1500	17	25,5	0,6	15	19	3	19,2
6	Механический цех металлоконструкций	1200	16	19,2	0,85	16	209	197	287
7	Служба РЗА	450	18	8,1	0,9	7	22	11	24,6
8	Мастерская АРЭС, СИЗПИ	1150	18	20,7	0,9	19	54	26	60
9	Автомобильный бокс	950	17	16,2	0,85	14	17	3	17,3
10	Склад АРЭС	800	17	13,6	0,6	8	12	3	12,4
11	РММ	350	16	5,6	0,85	5	55	51	75
12	Автомобильный бокс для грузовых автомобилей	800	17	13,6	0,85	12	27	15	30,9
	Территория базы	15000	0,16	2,4	1	2,4	2,4		
	Итого по 0,38 кВ	Гц = 10400		181,7		197,4	564,4	383	692
	Потребители 6-10 кВ								
1	РММ 10 кВ.						25	25,5	
	Итого по 10 кВ						25	25,5	36
	ИТОГО ПО Базе						589,4	408,5	727

Расчетная мощность на шинах 6-10 кВ ГПП:

$$P_{p\Sigma} = \left(\sum P_{p10} + \sum P_{p0,38} \right) K_{p.m} + P_{po} + \Delta P_m + \Delta P_l = \\ = (25 + 415) \cdot 0,95 + 197,4 + 13,9 + 20,7 = 650 \text{ кВт.}$$

$$Q_{p\Sigma} = \left(\sum Q_{p10} + \sum Q_{p0,38} \right) K_{p.m} + \Delta Q_m = (25,5 + 384) \cdot 0,95 + 69,2 = 458 \text{ кВар}$$

где $K_{p.m}$ – коэффициент разновременности максимумов силовой нагрузки отдельных групп электроприёмников, принимаемый в пределах 0,9-0,95.

Полная мощность на 6-10 кВ ГПП:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} = \sqrt{650^2 + 458^2} = 795 \text{ кВА.}$$

Полная расчётная мощность предприятия со стороны высшего напряжения, необходимая для выбора линий, питающих трансформаторы ГПП определяется:

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{\left(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\text{ГПП}} \right)^2 + \left(Q_{p\Sigma} - Q_{\text{ГПП}} + Q_{\text{КУ}} \right)^2}$$

где $Q_{\text{КУ}}$ – мощность компенсирующих устройств;

Определяется: $Q_{\text{КУ}} = Q_{p\Sigma} - Q_c$,

где Q_c – наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы; определяется: $Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma}$.

Для предприятий, расположенных в Сибири:

$\alpha=0,24$, если величина напряжения питающей линии – 35кВ;

$\alpha=0,29$, если величина напряжения питающей линии – 110кВ;

$\alpha=0,40$, если величина напряжения питающей линии – 220кВ и выше.

В нашем случае выбираем питающие линии 35 кВ.

$$Q_c = 0,24 \cdot 650 = 156 \text{ кВар, } Q_{\text{КУ}} = 458 - 156 = 302 \text{ кВар,}$$

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются:

$$\Delta P_{m.\text{ГПП}} = 0,02 S_{p\Sigma} = 0,02 \cdot 795 = 16 \text{ кВт.};$$

$$\Delta Q_{m.\text{ГПП}} = 0,1 S_{p\Sigma} = 0,1 \cdot 795 = 79,5 \text{ кВар};$$

$$S_{p\text{ГПП}} = \sqrt{(650 + 16)^2 + (458 + 79,5 - 302)^2} = 707 \text{ кВА.}$$

4 КАРТОГРАММА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}}$$

где S_{pi} – расчетная полная мощность i -го цеха с учетом освещения, кВА;

m – масштаб для определения площади круга, кВА/мм² (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора (α) определяется из соотношения полных расчетных (S_{pi}) и осветительных нагрузок ($P_{p.o}$) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ P_{p.o}}{S_{pi}}$$

Расчет картограммы нагрузок сводим в таблицу 4.1. На рисунке 4.1 представлен генплан предприятия с картограммой нагрузок.

На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения x_i и y_i для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода x_0 и y_0 определяются по формулам:

$$x_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot x_i}{\sum S_{pi}} = \frac{59368.7}{727} = 81,7 \text{ м.} \quad y_0 = \frac{\sum S_{pi} \cdot y_i}{\sum S_{pi}} = \frac{60585.4}{727} = 83,3 \text{ м.}$$

Таблица 4.1 – Расчет центра нагрузок

№ цеха	S_{pi} , кВА	P_{po} , кВт	r , м	α , град	x , м	y , м	$S_{pi}x_i$, кВАм	$S_{pi}y_i$, кВАм
Потребители 0,4 кВ								
1	76,2	16	9	75,6	125	125	9525	9525
2	27,3	10	5,4	132	11	125	300,3	9525
3	19	12	4,5	227	23	80	437	1520
4	42,5	13	7	110	70	114	2975	4845
5	19,2	15	4,5	281	163	67	3130	1286,4
6	287	16	17,5	20	97	80	27839	22960
7	24,6	7	5	102	173	117	4256	2878,2
8	60	19	8	114	93	45	5580	2700
9	17,3	14	4	291	88	18	1522,4	311,4
10	12,4	8	3,6	232	165	16	2046	198,4
11	75	5	9	24	8	38	600	2850
12	30,9	12	5,7	140	20	20	618	618
Потребители 10кВ								
11	36	0,00	23,33	0,00	15	38	540	1368
Итого	727						59368,7	60585,4

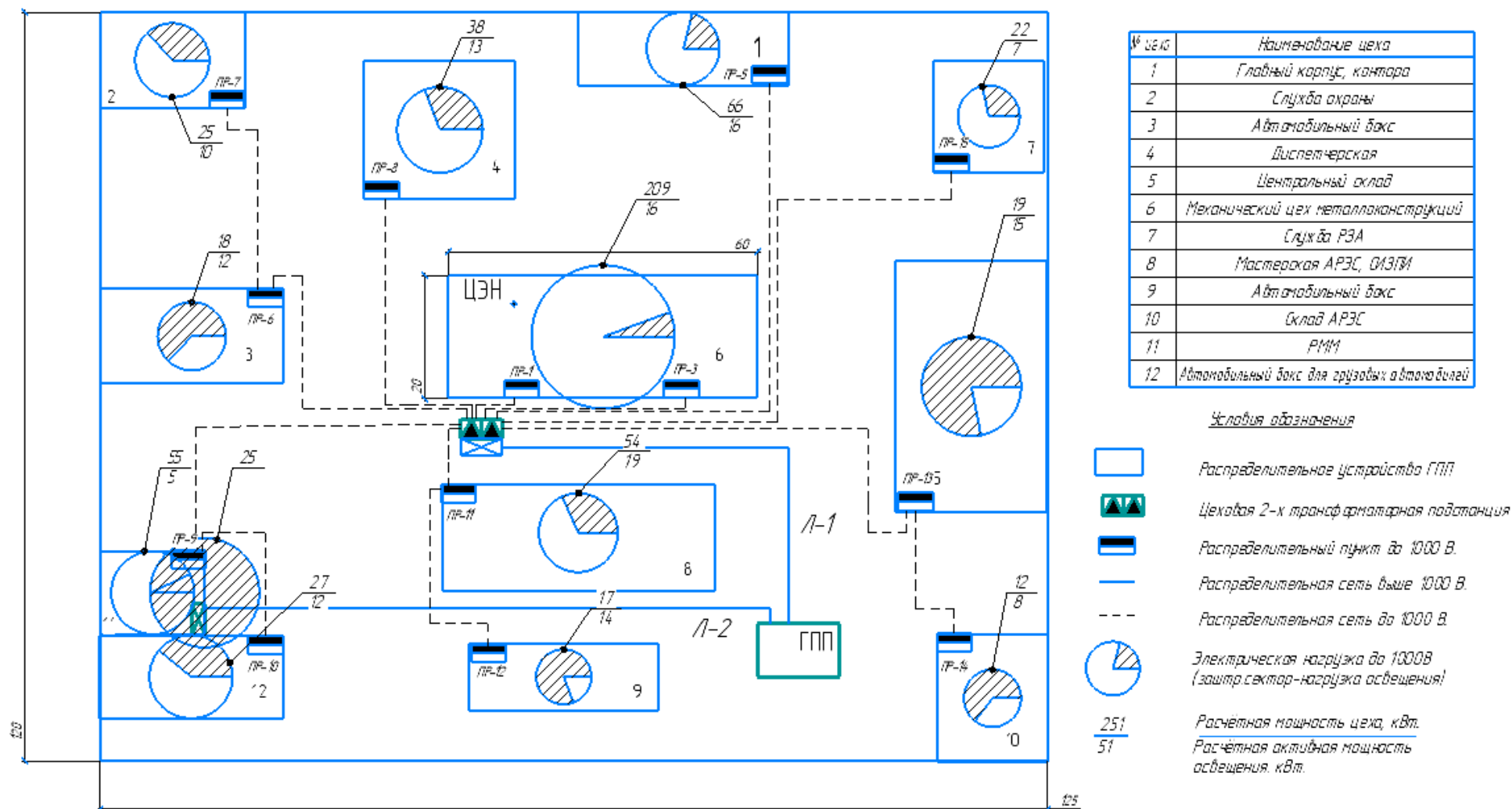


Рисунок 4.1 – Генплан предприятия с картограммой нагрузок

5 ВЫБОР ЧИСЛА И МОЩНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ ЦЕХОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по следующей формуле:

$$S_{\text{расч.н}} = \frac{S}{F_{\text{ц}}} = \frac{692}{10400} = 0,066 \text{ кВА/м}^2.$$

где $F_{\text{ц}}$ – площадь всех цехов предприятия, м^2 ,

$S_{\text{расч.н}}$ – суммарная расчетная мощность предприятия напряжением до 1 кВ.

По удельной плотности нагрузки выбираем по таблице рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов. В нашем случае выбираем трансформатор на 630 кВА.

Минимально возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{\sum P_p}{\beta_m S_{\text{н.т}}} = \frac{564,4}{0,7 \cdot 630} = 1,28$$

где β_m – коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимается 0,7).

$S_{\text{н.т}}$ – номинальная мощность одного трансформатора, кВА;

$\sum P_p$ – номинальная расчетная активная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

Полученная расчетная величина округляется до ближайшего большего целого значения $N=2$.

После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно. Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор может быть определена:

$$P_1 = \frac{\sum P_p}{N} = \frac{564,4}{2} = 282,2 \text{ кВт.}$$

Число трансформаторов N_i , которое следует установить в том или ином цехе, определяется делением нагрузки цеха $P_p + P_{p.o}$ на P_1 :

$$N_i = \frac{\sum P_p}{P_1}.$$

Если получается число дробное, то объединяем нагрузки близ лежащих цехов. Подстанции обычно устанавливают одно- или двухтрансформаторные в зависимости от необходимой надежности электроснабжения.

После этого на плане предприятия обозначаем места расположения цеховых ТП и намечаем схему их питания от ГПП.

Схему электрических соединений подстанции выбирают на основании общей схемы электроснабжения предприятия и схемы развития энергосистемы. При этом она должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать надёжность электроснабжения потребителей подстанции в соответствии с категориями электроприёмников;
- учитывать перспективу развития подстанции; допускать возможность поэтапного расширения;
- обеспечивать возможность проведения ремонтных и эксплуатационных работ на отдельных элементах схемы без отключения соседних присоединений;
- обеспечивать наглядность, простоту, экономичность и автоматичность, т.е. возможность восстановления питания потребителей в послеаварийном режиме средствами автоматики.

Главная схема электрических соединений выбирается среди типовых схем, нашедших широкое применение при проектировании. Нетиповая главная схема применяется при наличии технико-экономического обоснования или специального требования заказчика. В настоящем проекте какие-либо условия, способствующие применению нетиповой схемы, отсутствуют.

В 1960-85 гг. на подстанциях 35-110 кВ с упрощенными схемами на ВН в качестве коммутационных аппаратов получили широкое распространение от-

делители и короткозамыкатели. Из-за того, что эти аппараты обладают конструктивными дефектами и эксплуатационными недостатками в настоящее время их использование на вновь сооружаемых подстанциях прекращено.

Для распределительных устройств 35кВ преимущественно применяют одну из двух упрощенных схем:

- блок (линия-трансформатор) с разъединителем на стороне высшего напряжения (ВН);
- блок (линия-трансформатор) с выключателем на стороне ВН.

В первом случае для отключения головного выключателя линии используется телеотключающий импульс. Такая схема в первую очередь рекомендуется в условиях загрязненной атмосферы с целью сокращения числа коммутационных аппаратов. Так как в настоящем проекте загрязненная атмосфера не предполагается, окончательно предпочтение отдаётся схеме блока (линия-выключатель). Как правило, в таких схемах предусматривается неавтоматическая перемычка со стороны линий (перемычку не устанавливают только в условиях стесненной площадки).

На стороне низкого напряжения используются комплектные распределительные устройства (КРУ), выполненные из отдельных ячеек (шкафов), которые унифицированы и обеспечивают удобство обслуживания и монтажа.

Количество ячеек, присоединённых к секции шин, должно быть выбрано исходя из следующих потребностей:

- по одной ячейке на каждое проектируемое присоединение 10 кВ;
- по одной резервной ячейке на каждой секции шин;
- ячейка с межсекционным выключателем;
- ячейка с измерительным трансформатором напряжения на каждой секции шин;
- ячейка с вводным выключателем и с трансформатором собственных нужд на каждой секции шин.

Основными потребителями собственных нужд являются: оперативные

цепи переменного и выпрямленного тока; система охлаждения трансформаторов; устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН); электромагнитные приводы выключателей, освещение (аварийное, внутреннее, наружное, охранное); устройства связи и телемеханики; насосные установки (пожаротушения, хозяйственные, технического водоснабжения); устройства электроподогрева помещений выключателей и их приводов, вентиляция и др.

Для собственного обслуживания предусматривается отдельный трансформатор собственных нужд (ТСН) со встроенными предохранителями типа ТЛС- СЭЩ-63/10(6)/0,4 У1. Так как этот трансформатор предназначен также для питания оперативных цепей переменным (выпрямленным) током, то он подключается до выключателя ввода.

Для устройства низкого напряжения выбирается схема с двумя одинарными секционированными системами шин.

В проекте принимаются к установке ячейки КРУ Самарского завода «Электроштит» типа КРУ СЭЩ-63(К-63) на номинальные токи выключателей от 630 до 1600 А. Эти ячейки предназначены для приёма и распределения электроэнергии на объектах электроснабжения.

В последние годы широкое распространение получили вакуумные коммутационные аппараты. В них гашение дуги при коммутации электрической цепи осуществляется в вакуумной дугогасящей камере. К основным достоинствам вакуумных выключателей относятся:

- высокая износостойкость при коммутации
- номинальных токов и номинальных токов
- отключения (10-20 тыс. отключений номинальных токов, 20-200
- отключений тока отключения);
- снижение эксплуатационных затрат;
- полная взрыво- и пожаробезопасность и возможность работы в агрессивных средах;
- малые габариты;

- бесшумность, чистота и удобство обслуживания.

В качестве коммутационных аппаратов во вводных и секционных ячейках 10 кВ выбраны вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10-ЭЗ-31,5(40)/2000, а в ячейках отходящих линий - вакуумные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10-ЭЗ- 10(20)/1000(1600).

Для создания электрической связи между секциями шин, расположенными в верхней части шкафов КРУ, рядом с секционным выключателем устанавливается пустая («холостая») ячейка, позволяющая связать нижние втычные контакты выключателей с шинами верхнего отсека.

Трансформаторы цеховых ТП запитываем по радиальной схеме.

Трансформаторы двухтрансформаторной подстанции запитываем от разных секций РУ 10 кВ ГПП. Для питания потребителей электроэнергии напряжением выше 1000 Вв цехе устанавливается РУ 10 кВ.

В нашем случае устанавливаем комплектную двухтрансформаторную подстанцию типа 2КТП-630/10/0,4 У-3 Хмельницкого трансформаторного завода. Которая представляет собой по 2 собранных шкафа РУНН(вводной и секционный выключатель на 1000А., 8 – отходящих линий на 250-630А), 2 шкафа РУВН (тремя выключателями ВНА-16) и 2 камеры трансформаторные. Технические параметры в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические параметры 2КТП 630/10.

Параметр	Мощность трансформатора, 630 кВА
Номинальное напряжение на стороне ВН, кВ	10
Номинальное напряжение на стороне НН, кВ	0,4
Номинальный ток сборных шин, ка	
УВН	0,4
РУНН	0,91
Ток термической стойкости на стороне НН, кА	25
Ток электродинамической стойкости на стороне НН, кА	50

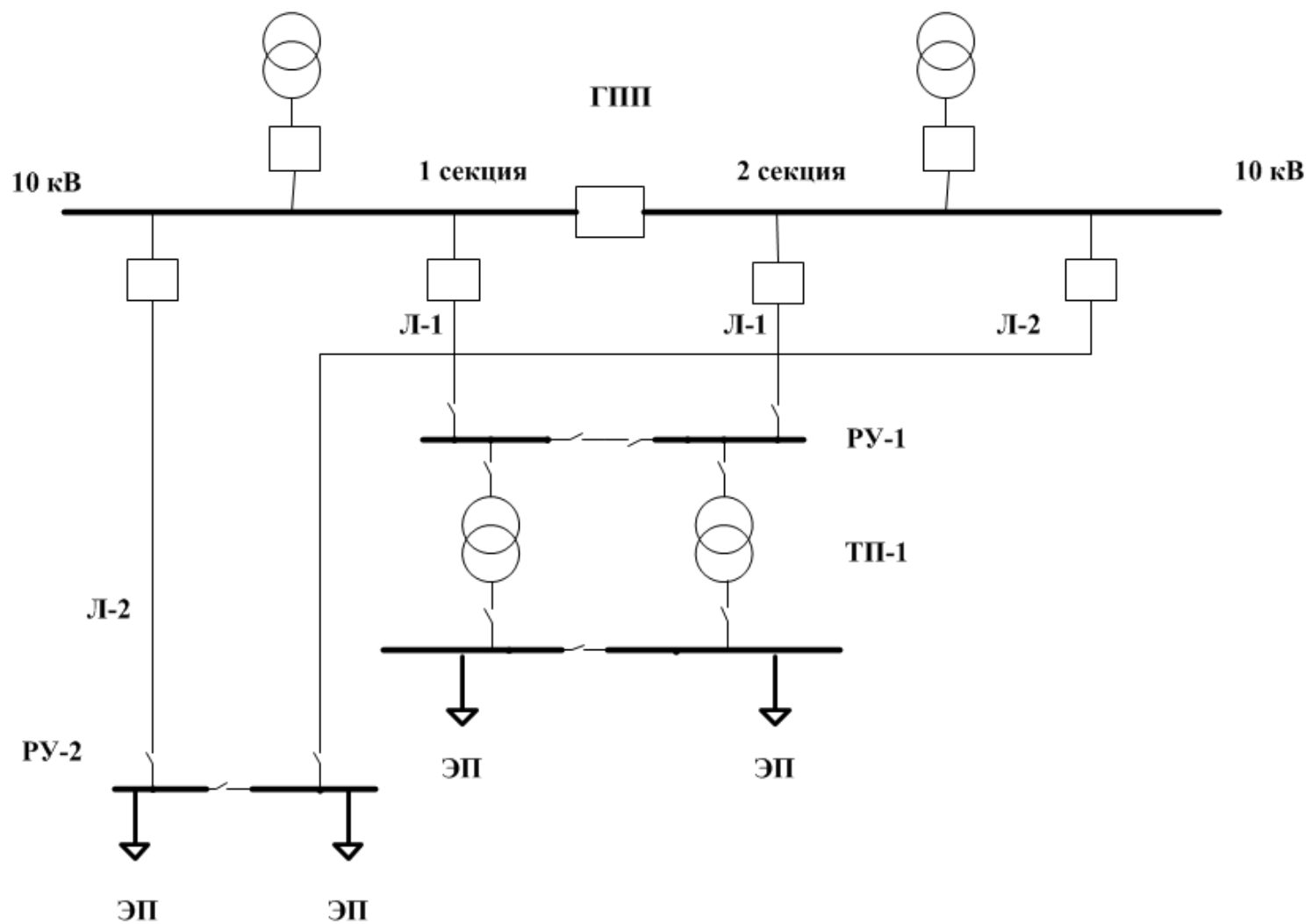


Рисунок 5.1 – Схема питания цеховой подстанции и высоковольтных электроприемников.

6 СХЕМА ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы. При наличии одного источника питания в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям (ГПП с двумя трансформаторами связи). Питающие линии выполняются воздушными. В нормальном рабочем режиме пропускная способность каждой из питающих линий составляет не менее половины расчетной нагрузки завода. В аварийном режиме работы любая из питающих линий с учетом допустимой перегрузки (до 30 %) должна обеспечить электроэнергией потребители первой и второй категорий.

ГПП размещается на территории завода в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок с некоторым смещением в сторону источника питания.

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП (электродвигателей, электрических печей, преобразователей и т.д.). Обычно величина напряжения выбирается на основе технико-экономического сравнения вариантов. Выполнение технико-экономических расчетов в каждом отдельном случае повышает трудоемкость проектирования электроснабжения. Для удобства проектирования можно использовать следующие основные рекомендации по выбору напряжения.

Принимаем напряжение 35 кВ, так как оно имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА.

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле:

$$S_{н.т.} \geq \frac{S_{р.ГПП}}{\beta_m \cdot 2}$$

где $S_{р.ГПП}$ – полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

β_m – коэффициент загрузки трансформаторов ГПП (принимается 0,7),

2 – число трансформаторов на ГПП.

Полученное значение $S_{н.т.}$ округляется до ближайшего большего стандартного значения.

$$S_{н.т.} \geq \frac{707}{2 \cdot 0,7} = 505$$

Принимаем два трансформатора ТМН – 630/35.

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производим по нагреву расчетным током:

$$I_p = \frac{S_{рГПП}}{2\sqrt{3}U_H} = \frac{707}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 35} = 5,84 \text{ А.}$$

В аварийном режиме:

$$I_{ав} = \frac{S_{рГПП}}{\sqrt{3}U_H} = 11,68 \text{ А}$$

Выбираем провод АС-35/6,2 с допустимым током 175 А. Меньше сечение недопустимо согласно условию механической прочности.

Проверяем на нагрев максимальным током:

$$1,3I_{дон} \geq I_{\max}$$
$$1,3 \cdot 175 \geq 11,68 \text{ А}$$

Условие соблюдается.

На коронирование провода 35 кВ не проверяются.

По допустимой потере напряжение:

$$l_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон} \cdot K_3 \geq l$$

где $l_{\Delta U 1\%}$ – длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения, км (справочные данные),

$\Delta U_{дон}$ – допустимая потеря напряжения, %; $\Delta U_{дон} = 5\%$, $\Delta U_{дон.ав} = 10\%$;

$K_3 = I_{дон} / I_p$ – коэффициент загрузки линии,

$l_{дон}$ – допустимая длина линии, км;

l – фактическая длина линии, км.

$$K_3 = 175/5,84 = 30$$

$$l_{oon} = 1340 \cdot 5 \cdot 30 = 201 = 1340 \text{ км.}$$

$$l_{oon} = 201 > l = 15$$

Условие соблюдается.

Окончательно принимаем провод АС-35/6,2.

7 СХЕМА ВНУТРИЗАВОДСКОЙ СЕТИ 6 – 10 кВ

Для обозначения линий, трансформаторных подстанций, силовых и распределительных пунктов используется простой принцип нумерации – все эти элементы системы имеют номер того цеха, в котором (или около которого) располагаются или подводятся (для линий).

В системе распределения предприятия для электроснабжения электроприёмников используются:

- распределительные пункты 10 кВ;
- цеховые трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ;
- силовые пункты 0,4 кВ.

Распределение электроприёмников между пунктами питания зависит от их номинального напряжения, мощности, категории по надёжности, расстояния от центров питания.

На первом этапе решается вопрос питания нагрузок 10 кВ. На предприятии такие нагрузки имеются в цеху 11. Для обеспечения их питанием они будут подключаться по радиальным схемам устанавливаться в цехах распределительные пункты 10 кВ.

На втором этапе определяются цеха и прочие здания предприятия, в которых из-за малости расчётной нагрузки установка цеховых ТП нецелесообразна. К ним относятся практически все цеха, в виду малой плотности нагрузки. В них устанавливаются силовые пункты 0,4 кВ, питание которых осуществляется от ближайших цеховых ТП. Число секций на СП определяется категорией надёжности электроприёмников здания, в котором расположен СП. В настоящем проекте все СП односекционные.

На третьем этапе определяются цеха, в которых устанавливаются цеховые ТП, количество таких ТП, количество установленных в них трансформаторов и их мощность.

Цеховые ТП располагаются в центрах нагрузок цеха или группы цехов, запитанных от этой ТП. При составлении схемы распределения преимущест-

венно отдаётся магистральным схемам, так как они позволяют приблизить сечение, выбираемое по длительно допустимым токам и экономической плотности тока, к сечению, выбираемому по термической стойкости к действию токов КЗ.

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется кабельными линиями. По территории завода кабельные линии прокладываются по возможности по технологическим эстакадам, стенам зданий и сооружений, а при их отсутствии вдоль трассы линий - в земле. Внутри зданий кабельные линии прокладываются по конструкциям зданий или в кабельных каналах.

При прокладке в земле кабели должны прокладываться в траншеях и иметь снизу подсыпку, а сверху засыпку слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака. Кабели на всём протяжении должны быть защищены от механических повреждений путём покрытия плитами или кирпичом в один слой поперёк трассы.

Рекомендуется в одной траншее прокладывать не более шести силовых кабелей. При большем количестве кабелей рекомендуется прокладывать их в отдельных траншеях с расстоянием между группами кабелей не менее 0,5 метра. Сечение кабельных линий выбирается по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение F , мм², определяется из выражения:

$$F = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}},$$

где $j_{\text{эк}}$ – нормированная плотность тока, А/мм², так как все основные цеха предприятия работают в одну смену – что эквивалентно $T_{\text{м}}=1000-3000$ ч, принимаем для кабелей с бумажной изоляцией и алюминиевыми жилами $j_{\text{эк}}=1,6$ А/мм²(справочные данные);

I_p – расчетный ток определяется исходя из нормального режима работы электроустановки, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях, определяется по формуле:

$$I_p = \frac{\sqrt{(P_p^n + \Delta P_T)^2 + (Q_p^n + \Delta Q_T)^2}}{n_{\text{лин}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{\sqrt{(564,4 + 23,7)^2 + (383 + 109,1)^2}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 21,1 \text{ А}$$

для линии 1.

где P_p^H, Q_p^H – расчетные нагрузки на шинах НН;

$\Delta P_T, \Delta Q_T$ – потери активной и реактивной мощности в цеховых трансформаторах;

$n_{\text{лин}}$ – число питающих линий.

Если на общую нагрузку работают отдельно n однотипных трансформаторов, то потери мощности можно рассчитать как:

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_x \cdot n + \Delta P_{кз} \cdot \beta_T^2 \cdot n, \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{mp} = \Delta Q_x \cdot n + \Delta Q_{кз} \cdot \beta_T^2 \cdot n, \text{ кВАр;}$$

$$\Delta Q_x = S_{н.тр.} \cdot I_x / 100 ;$$

$$\Delta Q_{кз} = S_{н.тр.} \cdot U_{кз} / 100 .$$

где коэффициент загрузки определяется: $\beta_T = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} / S_{н.тр.}$

Для ТМ-630/10:

$$S_{ном.}=630\text{кВА}; \Delta P_x=1,56 \text{ кВт}; \Delta P_{кз}= 8,5 \text{ кВт}; I_{xx}=2\%; U_{кз}=5,5\%.$$

$$\beta_T = 692 / 630 = 1,1$$

$$\Delta P_{mp} = 1,56 \cdot 2 + 8,5 \cdot 1,1^2 \cdot 2 = 23,7 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_{mp} = (630 \cdot 2 / 100) \cdot 2 + (630 \cdot 5,5 / 100) \cdot 1,1^2 \cdot 2 = 109,1 \text{ кВт.}$$

$$\text{Для линии 1: } F = \frac{21,1}{1,6} = 13,9 \text{ мм}^2$$

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения.

Выбираем кабель АСБ 3*16 с допустимым током прокладки в земле $I_{дон}=90 \text{ А}$

Сечение, полученное необходимо проверить:

1. По допустимому нагреву максимальным расчетным током и током послеаварийного режима

$$I_{p.\max} = \frac{n_{Tp} \cdot S_{номi} + n_{Tp} \cdot \Delta S_{Tp}}{n_{\text{лин}} \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{2 \cdot (630 + 111,6)}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10,5} = 40,8 \text{ А.}$$

где $S_{номi}$ – номинальная мощность i-го трансформатора;

n_{Tp} – число трансформаторов, питающихся по кабелю в нормальном режиме,

ΔS_{Tp} – потери мощности в трансформаторах;

$n_{лин}$ – число питающих линий.

Длительно допустимый ток кабеля $I_{дон}$, соответствующий выбранному по нормированной плотности сечению, должен обеспечить по тепловому нагреву прохождение по линии максимального расчетного тока по выражению:

$$I_{дон} = 90 \geq I_{p.max} = 40.8$$

Полученное по $j_{эк}$ сечение кабеля необходимо проверить натермическую стойкость при КЗ в начале линии. Термически стойкое сечение равно:

$$F_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T}$$

где $B_k = I^2(t_{отк} + T_a)$ – тепловой импульс тока КЗ, $A^2 \cdot c$;

T_a – постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, с;

$t_{отк} = t_3 + t_6$ – время отключения КЗ, с;

t_3 – время действия основной защиты, с;

t_6 – полное время отключения выключателя, с;

C_T – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ материала проводника.

$$C_T = 90 A \cdot c^{1/2} / mm^2$$

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma} = 5,625 \frac{5,625}{314 \cdot 2,04} = 0,008$$

$$B_k = (0,267 \cdot 10^3)^2 \cdot (0,06 + 0,008) = 4,85 \cdot 10^3 A^2 \cdot c.$$

$$F_{min} = \frac{\sqrt{4,85 \cdot 10^3}}{90} = 0,77 mm^2$$

2. По потере напряжения.

Потерю напряжения в линиях напряжением до 35 кВ определяют по формуле:

$$\begin{aligned} \Delta U &= 3 \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{y0} \cdot \cos \varphi + x_{y0} \cdot \sin \varphi) = \\ &= 3 \cdot 21,1 \cdot 0,06 \cdot (1,95 \cdot 0,85 + 0,08 \cdot 0,53) = 6,46 B \end{aligned}$$

$$\Delta U_{ном} \% = \frac{\Delta U}{U_{ном}} \cdot 100\% = \frac{6,46}{10 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,07 \%$$

Из расчётов видно, что потери напряжения незначительные.

Все расчеты проводились для линии Л-1.

Вносим в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Выбор кабельных линий внутризаводской сети 10 кВ.

№	Номер линии	Назначение	Количество	Расчетная нагрузка на кабель		Длина линии, км	Способ прокладки	Поправочный коэффициент	Марка и сечение кабеля	Допустимая нагрузка	
				Ip, А	Im, А					В нормальном режиме	В аварийном режиме
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Л-1	ГПП-ТП1	2	21,1	42,2	0,06	траншея	0,9	АСБ(3х16)	90	117
2	Л-5	ГПП-РУ2	2	1	2	0,07	траншея	0,9	АСБ(3х16)	90	117

8 РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ВЫШЕ 1000 В

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение коротких замыканий (КЗ) в сети.

Для снижения ущерба, обусловленного выходам из строя электрооборудования при протекании КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы системы электроснабжения, необходимо правильно определить токи КЗ и после чего выбрать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения токов КЗ. При возникновении КЗ имеет место увеличение токов в фазах системы по сравнению с их значениями в нормальном режиме работы.

Определение токов КЗ зависит от требований к точности результатов, от исходных данных и цели расчета. В общем случае токи КЗ определяются переходными процессами в электрических цепях. Расчет токов КЗ в электрических сетях промышленных предприятий несколько отличается от расчетов, осуществляемых в электрических сетях и системах. Это объясняется возможностью не выделять (не учитывать) турбо- и гидрогенераторы электростанций, подпитку от нескольких источников питания, работу разветвленных сложных кольцевых схем, свойства дальних ЛЭП, действительные коэффициенты трансформации.

Для выбора аппаратов и проводников, для определения воздействия на несущие конструкции при расчете токов КЗ исходят из следующих положений:

- все источники, участвующие в питании рассматриваемой точки, работают с номинальной нагрузкой;
- синхронные машины имеют автоматические регуляторы напряжения и устройства быстродействующей форсировки возбуждения;
- короткое замыкание наступает в такой момент времени, при котором ток КЗ имеет наибольшее значение;
- электродвижущие силы всех источников питания совпадают по фазе;
- расчетное напряжение каждой ступени принимают на 5% выше номи-

нального напряжения сети.

Расчётным видом для выбора или проверки электрооборудования обычно является трёхфазное короткое замыкание. Для решения большинства технических задач вводят допущения, которые не дают существенных погрешностей:

- не учитывается сдвиг по фазе ЭДС различных источников питания, входящих в расчётную схему;
- трёхфазная сеть принимается симметричной;
- не учитываются токи нагрузки;
- не учитываются ёмкостные токи в ВЛ и КЛ;
- не учитывается насыщение магнитных систем;
- не учитываются токи намагничивания трансформатора.

Учитывают влияние на токи КЗ присоединенных к данной сети синхронных компенсаторов, синхронных и асинхронных электродвигателей. Влияние асинхронных электродвигателей на токи КЗ не учитывают:

- при единичной мощности электродвигателей до 100 кВт;
- если электродвигатели отдалены от места КЗ ступенью трансформации.

В электроустановках напряжением выше 1 кВ учитывают индуктивные сопротивления электрических машин, силовых трансформаторов и автотрансформаторов, реакторов, воздушных и кабельных линий, токопроводов. Активное сопротивление следует учитывать только для воздушных линий с проводами малых площадей сечений и стальными проводами, а также для протяжённых кабельных сетей малых сечений с большим активным сопротивлением.

В электроустановках напряжением до 1 кВ учитывают индуктивные и активные сопротивления всех элементов короткозамкнутой цепи. При этом следует отметить, что влияние сопротивления энергосистемы на результаты расчёта токов КЗ на стороне до 1 кВ невелико. Поэтому в практических расчётах сопротивлением на стороне 6 - 10 кВ часто пренебрегают, считая его равным нулю. В случае питания электрических сетей напряжением до 1 кВ от понижающих трансформаторов при расчете токов КЗ следует исходить из условия, что подведенное к трансформатору напряжение неизменно и равно его номиналь-

ному значению.

Требования к расчёту токов КЗ для релейной защиты и системной автоматики несколько отличаются от требований к расчёту для выбора аппаратов и проводников. Требования к точности расчётов токов КЗ для выбора заземляющих устройств невысоки из-за низкой точности методов определения других параметров, входящих в расчёт заземляющих устройств (например, удельного сопротивления грунта). Поэтому для выбора заземляющих устройств допускается определять значения токов КЗ приближенным способом.

Расчётная схема для определения токов КЗ представляет собой схему в однолинейном исполнении, в которую введены элементы оказывающие влияние на ток КЗ, связывающие источники электроэнергии с местом КЗ. Расчётная схема должна учитывать перспективу развития внешних сетей и генерирующих источников, с которыми электрически связывается рассматриваемая установка.

По расчётной схеме составлена схема замещения, в которой трансформаторные связи заменяют электрическими. Элементы системы электроснабжения, связывающие источники электроэнергии с местом КЗ, вводят в схему замещения сопротивлениями, а источники энергии - сопротивлениями и ЭДС. Сопротивления и ЭДС схемы замещения должны быть приведены к одной ступени напряжения. Активные сопротивления элементов системы электроснабжения при определении тока КЗ не учитывают, если выполняется условие: $r_{\Sigma} < (x_{\Sigma} / 3)$, где r_{Σ} и x_{Σ} – суммарные активные и реактивные сопротивления элементов системы электроснабжения до точки КЗ.

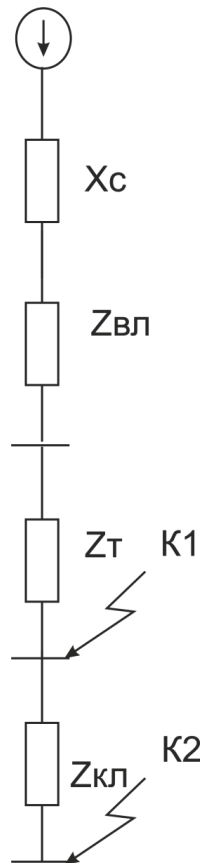


Рисунок 8.1 – Схема замещения расчета ТКЗ выше 1000 В

Система: $X_C = 1,1$; $S_C = \infty$; $U_1 = 35$ кВ

Питающая линия: $L = 15$ км; провод АС-35; $r_0 = 0,85 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, $X_0 = 0,38 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$;

Шины низкого напряжения ГПП: $U_2 = 10$ кВ.

Базисные условия: $S_B = 100$ МВА, $U_{Б1} = 37$ кВ, $U_{Б2} = 10,5$ кВ.

Базисные токи определяются из выражений:

$$I_{Б1} = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_{Б1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,6 \text{ кА}; I_{Б2} = \frac{S_B}{\sqrt{3}U_{Б2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА}.$$

Расчёт производится в относительных единицах.

Сопротивления воздушной линии, приведенные к базисным условиям

$$r_{\text{ВЛ}} = r_0 l \frac{S_B}{U_{Б1}^2} = 0,85 \cdot 15 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,93;$$

$$X_{\text{ВЛ}} = X_0 l \frac{S_B}{U_{Б1}^2} = 0,38 \cdot 15 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,42.$$

Точка К1 расположена за трансформатором 35/10 кВ на шинах низкого напря-

жения. Индуктивное сопротивление трансформатора с расщепленной обмоткой: $U_{K3}=6,5\%$

$$X_{TP1,2} = \frac{U_{K3} S_B}{100 S_H} = \frac{6,5 \cdot 100}{100 \cdot 0,63} = 10,32.$$

Суммарное сопротивление до точки К1:

$$x_{\Sigma 1} = \frac{x_{T1} \cdot x_{T2}}{x_{T1} + x_{T2}} + x_{B/Л1} = \frac{10,32 \cdot 10,32}{10,32 + 10,32} + 0,42 = 5,58$$

$$r_{\Sigma 1} = r_{B/Л1} = 0,93$$

Сопротивление КЛ-10кВ.:

$$r_{\text{ОКЛ}} = 1,95 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}, x_{\text{ОКЛ}} = 0,08 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}, l = 0,06 \text{ км}$$

$$r_{\text{КЛ1}} = r l \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 1,95 \cdot 0,06 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,114;$$

$$x_{\text{КЛ1}} = x l \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 0,08 \cdot 0,06 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 0,045.$$

Суммарное сопротивление до точки К2:

$$x_{\Sigma 2} = \frac{x_{T1} \cdot x_{T2}}{x_{T1} + x_{T2}} + x_{B/Л1} + x_{\text{КЛ1}} = \frac{10,32 \cdot 10,32}{10,32 + 10,32} + 0,42 + 0,045 = 5,625$$

$$r_{\Sigma 2} = r_{B/Л1} + r_{\text{КЛ1}} = 0,93 + 1,114 = 2,04$$

Так как условие $r_{\Sigma} < \frac{x_{\Sigma}}{3}$ не выполняется, то в обоих случаях в расчетах учитываются активные сопротивления.

Ток КЗ в рассматриваемых точках составит:

$$I_{\kappa, K1} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\Sigma 1}} = \frac{I_{\sigma}}{\sqrt{x_{\Sigma 1}^2 + r_{\Sigma 1}^2}} = \frac{1,6}{\sqrt{5,58^2 + 0,93}} = 0,283 \text{ кА}$$

$$I_{\kappa, K2} = \frac{I_{\sigma}}{Z_{\Sigma 2}} = \frac{I_{\sigma}}{\sqrt{x_{\Sigma 2}^2 + r_{\Sigma 2}^2}} = \frac{1,6}{\sqrt{5,625^2 + 2,04}} = 0,267 \text{ кА}$$

Определяем ударный ток в точках К1 и К2.:

где постоянная времени:

$$T_{A1} = \frac{x_{\Sigma 1}}{\omega \cdot r_{\Sigma 1}} = \frac{5,58}{314 \cdot 0,93} = 0,019 \text{ с}$$

$$T_{A2} = \frac{x_{\Sigma 2}}{\omega \cdot r_{T2}} = \frac{5,625}{314 \cdot 2,04} = 0,009 \text{ с.}$$

Ударный коэффициент можно определить по формуле:

$$k_{yД1} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{A1}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,019}} = 1,59$$

$$k_{yД2} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_{A2}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,009}} = 1,33.$$

Тогда значение ударного тока короткого замыкания от системы:

$$i_{yД K1} = \sqrt{2} k_{yД} I_{пoк1} = \sqrt{2} \cdot 1,59 \cdot 0,286 = 0,643 \text{ кА,}$$

$$i_{yД K2} = \sqrt{2} k_{yД} I_{пoк2} = \sqrt{2} \cdot 1,33 \cdot 0,267 = 0,502 \text{ кА.}$$

На основании расчетов сделали выбор высоковольтного оборудования, результаты сводим в таблицы 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1 – Коммутационная аппаратура на низшей стороне ГПП (ЗРУ 10кВ)

Расчетные данные	Каталожные данные	
	ВВУ-СЭЩ-10-20/1000	РВЗ 10/400УЗ
$U = 10\text{кВ}$	$U_{ном} = 10\text{кВ}$	$U_{ном} = 12\text{кВ}$
$I_{max} = 42 \text{ А}$	$I_{ном} = 1000 \text{ А}$	$I_{ном} = 400 \text{ А}$
$I_K = 0,283\text{кА}$	$I_{н.откл} = 20 \text{ кА}$	-
$i_{yД} = 0,643 \text{ кА}$ $B_K = 20,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$i_{дин} = 52 \text{ кА}$ $B_K = 244 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$i_{дин} = 41 \text{ кА}$ $B_K = 134 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Таблица 8.2 – Коммутационная аппаратура в ТП1

Расчетные данные	Каталожные данные
	ВНА-10-/630У2
$U = 10\text{кВ}$	$U_{ном} = 10\text{кВ}$
$I_{max} = 47,28 \text{ кА}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
$I_K = 0,267 \text{ кА}$	-
$i_{yД} = 0,502\text{кА}$ $B_K = 12,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$i_{дин} = 20 \text{ кА}$ $B_K = 133 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

9 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЦЕХА

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности:

1. Приемники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам или шинопроводам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учетом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды .

2. Определяются расчетные электрические нагрузки по пунктам питания цеха.

3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере напряжения.

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха.

5. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного или наиболее удаленного электроприемника) строится карта селективности действия аппаратов защиты.

6. Производится расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потери напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного от цеховой ТП или наиболее мощного электроприемника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного режима.

7. Производится расчет токов короткого замыкания для участка цеховой

сети от ТП до наиболее мощного электроприемника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

9.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭП ПО ПР И РАСЧЕТ НАГРУЗОК

Электроприемники распределяем по ПР с учетом технологического процесса и соответственно их расположения.

Расчетная силовая нагрузка цеха, электроснабжение которого разрабатывается подробно в работе, определяется по методу упорядоченных диаграмм. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

- а) электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых $K_u < 0.6$;
- б) электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых $K_u \geq 0.6$.

Пример расчета приведен в таблице 9.1.

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_{см} = K_u \cdot P_{ном}, \text{ кВт};$$

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВар};$$

K_u и $\cos \varphi$ для каждого ЭП или группы ЭП принимаются по справочным данным.

Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{и.ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}},$$

где $\sum P_{см}$ – суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену группы электроприемников цеха, кВт;

$\Sigma P_{ном}$ – суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха, кВт.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым или по таблице в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования $K_{и.ср}$ и эффективного числа электроприемников $n_{э}$ для данной группы:

$$n_{э} = \frac{\left[\frac{\Sigma P_{ном}}{1} \right]^2}{\frac{n}{\Sigma P_{ном}^2}}.$$

При большом числе ЭП рекомендуется пользоваться упрощенными способами вычисления $n_{э}$, допустимая погрешность которых лежит в пределах $\pm 10\%$.

а) при $m = \frac{P_{ном.макс}}{P_{ном.мин}} > 3$ и $K_{и.ср} \geq 0,2$ $n_{э}$ может быть определено по формуле:

$$n_{э} = \frac{1}{\frac{2 \Sigma P_{ном}^2}{n}},$$

где $P_{ном.макс}$, $P_{ном.мин}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе;

б) при $m > 3$ и $K_{и.ср} < 0,2$ эффективное число ЭП определяется с помощью кривых или таблицы;

в) при $m \leq 3$ и любом значении $K_{и.ср}$ допускается принимать $n_{э} = n$, где n – исходное число ЭП. При определении величины $n_{э}$ могут быть исключены из расчета те наименьшие ЭП группы, суммарная номинальная мощность которых не превышает 5% суммарной мощности всей группы (при этом число исключенных ЭП не учитывается также и в величине n).

Расчетные активная (P_M) и реактивная (Q_M) мощности группы прием-

ников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений:

$$\begin{aligned}P_M &= K_M \cdot P_{CM}; \\Q_M &= Q_{CM} \quad \text{при } n_{\text{Э}} > 10 \\Q_M &= 1,1 \cdot Q_{CM} \quad \text{при } n_{\text{Э}} \leq 10\end{aligned}$$

Примечание. Величина K_M находится по кривым $K_M = f(n_{\text{Э}})$ для различных средневзвешенных значений коэффициента использования $K_{u.cp}$ или по таблице [3].

Для ЭП с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная нагрузка принимается равной средней мощности за наиболее загруженную смену $P_M = P_{CM}$.

Полная расчетная нагрузка цеха определяется:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2};$$

Расчетный ток:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}.$$

Расчета приведен в таблице 9.1

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Рном		m= P _{н,макс} / P _{н,мин.}	Кэф-фици-ия K _и	cos / tg	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное количество ЭП n _э	Кэффицент максима, K _и	Максимальная нагрузка			I _м =S _м /I, 73Uн, А
			p ном	ΣPн				P _{см} =K _с *ΣPн, кВт	Q _{см} =P _{см} *tg, квар			P _м =K _м *P _{см} , кВт	Q _м =Q _{см} , квар, при n _э >10 Q _м =I, IQ _{см} , квар, при n _э ≤10	S _м , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Распределительный пункт ПР-1	Приёмники группы А													
1	Сверлильный станок	1	15	15	1	0,14	0,5/1,73	2,1	3,63						
9	Кран-балка	1	30	30	1	0,1	0,5/1,73	3	5,2						
20	Шлифовальный станок	1	20	20	1	0,35	0,65/1,17	7	8,2						
	ИТОГО по группе А	3	15-30	65	< 3	0,19		12,1	17,03	3	2,43	29,4	18,73		
		Приёмники группы Б													
18	Вентилятор	1	22	22	1	0,65	0,8/0,75	14,3	10,73	-	1	14,3	10,73		
	ИТОГО по ПР-1	4	15-30	87	-	-	-	26,4	27,76	-	-	43,7	29,46	52,7	80
	Распределительный пункт ПР-2	Приёмники группы А													
12-13	Электротермическая печь	2	60	120	2	0,5	0,95/0,33	60	19,8	2	1,6	96	21,8		
		Приёмники группы Б													
14-15	Вытяжка	2	15	30	2	0,65	0,8/0,75	19,5	14,63	-	1	19,5	14,63		
	ИТОГО по ПР-2	4	15-60	150	-	-	-	79,5	34,43	-	-	115,5	36,43	121,1	184,2
	Распределительный пункт ПР-3	Приёмники группы А													
3-5	Токарный станок	3	18	54	3	0,14	0,5/1,73	7,6	13,1						
10	Кран-балка	1	30	30	1	0,1	0,5/1,73	3	5,2						
11	Гидравлический пресс	1	30	30	1	0,24	0,65/1,17	7,2	8,5						
22	Компрессор	1	20	20	1	0,7	0,8/0,75	14	10,5						
	ИТОГО по группе А	6	18-30	134	<3	0,28	-	31,8	37,3	5	1,4	45,3	41,03		
		Приёмники группы Б													

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Рном		$m = P_{н.макс} / P_{н.мин.}$	Коеф-нт исп-ия K_u	$\cos \varphi$ / tg	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное количество ЭП n_3	Коеффициент максимума, K_m	Максимальная нагрузка			$I_m = \sum M / 1,73 U_n \cdot A$
			$P_{ном}$	ΣP_n				$P_{см} = K_u \cdot \Sigma P_n, \text{ кВт}$	$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg} \varphi, \text{ квар}$			$P_m = K_m \cdot P_{см}, \text{ кВт}$	$Q_m = Q_{см}, \text{ квар, при } n_3 > 10$ $Q_m = 1,1 Q_{см}, \text{ квар, при } n_3 \leq 10$	$S_m, \text{ кВА}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
19	Вентилятор	1	22	22	1	0,65	0,8/0,75	14,3	10,73	-	1	14,3	10,73		
	ИТОГО по ПР-3	7	18-30	156	-	-	-	46,1	48,03			59,6	51,76	79	120
	Распределительный пункт ПР-4	Приёмники группы А													
2	Сверлильный станок	1	15	15	1	0,14	0,5/1,73	2,1	3,63						
6	Фрезерный станок	1	16	16	1	0,14	0,5/1,73	2,2	3,8						
7-8	Сварочный агрегат	2	40	80	2	0,3	0,35/2,68	24	64,4						
21	Шлифовальный станок	1	20	20	1	0,35	0,65/1,17	14	16,4						
	ИТОГО по группе А	5	15-40	131	<3	0,32	-	42,3	88,23	6	1,25	53	97		
		Приёмники группы Б													
16-17	Вытяжка	2	3	6	2	0,65	0,8/0,75	23,4	17,6	-	1	23,4	17,6		
	ИТОГО по ПР-4	7	3-40	137	-	-	-	65,7	105,83			76,4	114,6	138	161
		ПР-1+ПР-2													
	ПР-1	4		87		0,3		26,4	27,76						
	ПР-2	4		150		0,5		79,5	34,43						
	ИТОГО по ПР-1+ ПР-2	8	15-60	237	>3	0,45		105,9	62,19	7	1	105,9	68,41	126,1	191,8
		ПР-3+ПР-4													
	ПР-3	7		156		0,3		46,1	48,03						
	ПР-4	7		137		0,48		65,7	105,83						
	ИТОГО по ПР-3+ПР-4	14	3-40	293	>3	0,38		111,8	153,86	14	1	111,8	153,86	190,2	289,3
	ИТОГО по цеху	22	3-60	530	>3	0,4		217,7	216,06	17	1	217,7	216,06	307	467,2

Для сравнения применим еще один метод, для определения электрических нагрузок, метод коэффициента расчетной активной мощности.

Расчет выполняется в соответствии с [3] по форме Ф636-92.

Расчет электрических нагрузок электроприемников (ЭП) напряжением до 1 кВ производится для каждого узла питания (распределительного пункта, шкафа, сборки, распределительного шинпровода, щита станции управления, троллей, магистрального шинпровода, цеховой трансформаторной подстанции), а так же по цеху, корпусу в целом.

Исходные данные таблиц-заданий на проектирование электротехнической части (графы 1-4) и согласно справочным материалам (графы 5,6), в которых приведены значения коэффициентов использования и реактивной мощности для индивидуальных ЭП.

В случаях когда электроприемники группируются по характерным категориям с одинаковыми K_u и $tg\varphi$, независимо от мощности, в графе 3 указываются минимальная и максимальная мощности. В каждой строке записываются данные одного цеха.

В графах 7 и 8 соответственно записываются построчно величины $K_u \cdot P_H$ и $K_u \cdot P_H \cdot tg\varphi$. В итоговой строке определяются суммы этих величин:

$$\sum K_u \cdot P_H ; \sum K_u \cdot P_H \cdot tg\varphi$$

Определяется групповой коэффициент использования (графа 5) для данного узла питания:

$$K^{u.cp} = \frac{\sum K_u \cdot P_H}{\sum P_H}$$

и групповой коэффициент реактивной мощности:

$$tg\varphi_{cp} = \frac{\sum K_u \cdot P_H \cdot tg\varphi}{\sum K_u \cdot P_H}$$

Приведенное число электроприемников (графа 10):

$$n_{\text{Э}} = \left\lceil \frac{\left\lceil \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}}{1} \right\rceil}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}i}^2} \right\rceil^2$$

Полученный результат округляем до ближайшего целого числа.

В зависимости от средневзвешенного коэффициента использования и эффективного числа электроприемников определяется и заносится в графу 11 коэффициент расчетной нагрузки K_p .

Расчетная активная мощность (графа 12) определяется по выражению:

$$P_p = K_p \cdot \sum K_u \cdot P_n$$

Расчетная реактивная мощность (графа 13) определяется формуле

$$\begin{aligned} Q_m &= Q_{cm} && \text{при } n_{\text{Э}} > 10 \\ Q_m &= 1,1 \cdot Q_{cm} && \text{при } n_{\text{Э}} \leq 10 \end{aligned}$$

Полная расчетная нагрузка цеха определяется:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} ;$$

Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} ;$$

Расчет приведен в таблице 9.2

Как видим значения мощностей и токов распределительных пунктов не-много ниже (3–9%) чем в методе упорядоченных диаграмм, что можно отнести к статистической ошибке. Поэтому для дальнейших расчетов примем большие значение мощностей и токов для распределительных пунктов

Таблица 9.2 – Расчёт нагрузок на ПР и РП цеха

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Рном		Коэф-нтисп-ия K_u	$\cos\varphi$ / $\operatorname{tg}\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное количество ЭП n_s	Коэффициент максимума, K_p	Максимальная нагрузка			I_m, A
			$P_{ном}$	ΣP_n			$K_u \cdot P_n, кВт$	$K_u \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}\varphi, квар$			$P_p = K_p \cdot \Sigma P_n \cdot K_m, кВт$	$Q_m = Q_{см}, квар, при n_s > 10$ $Q_m = 1,1 Q_{см}, квар, при n_s \leq 10$	$S_m, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Распределительный пункт ПР-1														
1	Сверлильный станок	1	15	15	0,14	0,5/1,73	2,1	3,63						
9	Кран-балка	1	30	30	0,1	0,5/1,73	3	5,2						
20	Шлифовальный станок	1	20	20	0,35	0,65/1,17	7	8,2						
18	Вентилятор	1	22	22	0,65	0,8/0,75	14,3	10,73						
	ИТОГО по ПР-1	4	15-30	87	0,30	-	26,4	27,76	4	1,47	38,8	30,5	49,3	75
Распределительный пункт ПР-2														
12-13	Электротермическая печь	2	60	120	0,5	0,95/0,33	60	19,8						
14-15	Вытяжка	2	15	30	0,65	0,8/0,75	19,5	14,63						
	ИТОГО по ПР-2	4	15-60	150	0,53	-	79,5	34,43	3	1,3	103,3	37,8	110	167,1
Распределительный пункт ПР-3														
3-5	Токарный станок	3	18	54	0,14	0,5/1,73	7,6	13,1						
10	Кран-балка	1	30	30	0,1	0,5/1,73	3	5,2						
11	Гидравлический пресс	1	30	30	0,24	0,65/1,17	7,2	8,5						
22	Компрессор	1	20	20	0,7	0,8/0,75	14	10,5						
19	Вентилятор	1	22	22	0,65	0,8/0,75	14,3	10,73						
	ИТОГО по ПР-3	7	18-30	156	0,3	-	46,1	48,03	7	1,23	56,7	52,8	77	118

№ на плане	Электроприемники	Количество	Установленная мощность, Рном		Кэф-нтисп-ия K_u	$\cos\varphi$ / $\tan\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное количество ЭП n_3	Коэффициент максимума, K_p	Максимальная нагрузка			I_m, A
			$P_{ном}$	ΣP_n			$K_u \cdot P_n, кВт$	$K_u \cdot P_n \cdot \tan\varphi, квар$			$P_p = K_p \cdot \Sigma P_n \cdot K_m, кВт$	$Q_m = Q_{см}, квар, при n_3 > 10$ $Q_m = I, I Q_{см}, квар, при n_3 \leq 10$	$S_m, кВА$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Распределительный пункт ПР-4														
2	Сверлильный станок	1	15	15	0,14	0,5/1,73	2,1	3,63						
6	Фрезерный станок	1	16	16	0,14	0,5/1,73	2,2	3,8						
7-8	Сварочный агрегат	2	40	80	0,3	0,35/2,68	24	64,4						
21	Шлифовальный станок	1	20	20	0,35	0,65/1,17	14	16,4						
16-17	Вытяжка	2	3	6	0,65	0,8/0,75	23,4	17,6						
	ИТОГО по ПР-4	7	3-40	137	0,48	-	65,7	105,83	5	1.17	76,8	116,4	139,4	212

9.2 ВЫБОР РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Распределительные пункты выбирают по номинальному току ввода, по количеству отходящих линий, типу защитного аппарата и номинальному току аппарата для присоединения.

По номинальному току ввода $I_{н.РП}$:

$$I_{н.РП} \geq I_p$$

$$567 \text{ А} \geq 467 \text{ А}$$

По количеству отходящих линий $n_{лин.РП}$:

$$n_{лин.РП} \geq n_{лин.РП.факт}$$

$$4 \text{ шт} \geq 3 \text{ шт}$$

где $n_{лин.РП.факт}$ – фактическое число отходящих от РП линий.

Примечание: в целях перспективы развития электроснабжения цеха целесообразно брать шкафы с запасом по числу отходящих линий в разумных пределах (1-2 линии).

По номинальному току аппарата для присоединения $I_{н.апп}$:

$$I_{н.апп} \geq I_{ном \text{ max ЭП}}$$

Результаты сведены в таблицу 9.3.

Таблица 9.3 – Распределительные пункты цеха

№ пункта	Тип пункта	Ном.ток вводного аппарата/шкафа, А	Число отходящих линий	Тип защитного аппарата	Ном.ток аппаратов для присоединения. А
ПР-1	ПР-8501	400/360	14	выключатель	10-250
ПР2	ПР8501	- /225	4	выключатель	10-250
ПР3	ПР8501	630/576	10	выключатель	10-250
ПР4	ПР8501	- /225	8	выключатель	10-250

Распределительные пункты ПР1,3 выбираем с 2-я вводными коммутационными аппаратами, а ПР3, 4 без вводных аппаратов.

9.3 ВЫБОР И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ В СЕТИ ДО 1КВ.

В цеховых сетях могут возникать следующие ненормальные по току режимы работы:

- увеличение тока вследствие перегрузки;
- увеличение тока в момент пуска или самозапуска двигателей;
- увеличение тока вследствие КЗ.

Защита производится автоматическими выключателями

Выбор аппаратов защиты цеховой сети:

1). Выбор типа автомата. Выбираем аппараты серии ВА.

2). Выбор номинального тока автомата по условию

$$I_{ном.а} \geq I_{длит}$$

3). Выбор номинального тока теплового расцепителя автоматов $I_{ном.расц.т}$ по условию:

$$I_{ном.расц.т.} \geq I_{длит}$$

4) Проверка по току срабатывания (уставки) электромагнитного расцепителя:

Для группы ЭП – $I_{ср.расц.э.} \geq 1,25I_{ник}$

Для отдельного ЭП – $I_{ср.расц.э.} \geq 1,5I_{пуск}$

$$I_{ном.расц.э.} = I_{ном.расц.т.} \cdot K_{кз}, А$$

Пример расчёта: АВ на отдельные ЭП (Сверлильный станок).

Определяем ном.ток станка

$$I_n = \frac{P_n \cdot 10^3}{\sqrt{3}U_n \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{15}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 0,91} = 50,15 А$$

Пусковой ток найдём: $I_{п.} = 5 \cdot I_n = 5 \cdot 50,15 = 250,75 А$

$$I_{ном.а} \geq 50,15 А$$

$$I_{ном.расц.т.} \geq 50,15 А$$

Выбираем выключатель типа ВА 13-29: $I_{ном.а} = 63 \text{ А}$, $I_{ном.расц.т.} = 63 \text{ А}$.

Определим необходимую уставку срабатывания в зоне КЗ

$$K_{\text{КЗ}} \frac{I_{\text{пуск}}}{I_{\text{ном.расц.т.}}} = \dots$$

Выбираем уставку срабатывания в зоне КЗ: $K_{\text{КЗ}} = 7,5$

$$I_{\text{ном.расц.э.}} = 7,5 \cdot 63 = 472,5 \text{ А}.$$

$$472,5 \text{ А} \geq 376,1 \text{ А} - \text{условие выполняется.}$$

Выбор автоматических выключателей для остальных электроприемников сведен в таблицу 9.4.

Номинальные токи расцепителей соседних ВА последовательно включенных в сеть должны различаться не менее чем на одну ступень. Номинальные токи расцепителей автоматического выключателя, ближайшего к источнику питания (вводного в ТП), должны быть не менее в 1,5 раза больше, чем у наиболее удаленного. Выполняя эти условия обеспечивается селективность срабатывания тепловых расцепителей.

9.4 ВЫБОР СЕЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ

Сечение силовых линий выбирают по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным током нагрузки, по потере напряжения и по условию соответствия выбранному аппарату защиты. Питающие и распределительные кабели прокладываем в коробах. Температура внутри цеха $+30^\circ \text{С}$.

Выбираем сечение от ПР-4 до сварочного аппарата:

По допустимому нагреву выбирают по условию:

$$I_{\text{дон}} \cdot K_{n1} \cdot K_{n2} \geq I_{\text{длит.}}$$

$$46 \cdot 0,94 \cdot 1 = 43,2 \text{ А} > 38 \text{ А}$$

Выбираем кабель АВВГ4*8 с $I_{\text{дон}} = 46 \text{ А}$.

Проверка сечений проводника должно быть согласовано с аппаратом защиты

этого проводника по условию:

$$I_{\text{дон}} \geq \frac{k_3}{k_{\text{прокл}}},$$

$$46 \text{ А} \geq 42,5 \text{ А} - \text{условие выполняется}$$

где $k_{\text{прокл}}$ – поправочный коэффициент на условия прокладки проводов и кабелей;

k_3 – коэффициент защиты или кратность защиты;

I_3 – номинальный ток или ток уставки срабатывания защитного аппарата, А.

Проверка выбранного сечения проводника допустимой потери напряжения выполняется из условия:

$$\Delta U_{P\%} = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_n^2} \leq \Delta U_{\text{дон}\%} = 5\% ,$$

$$\Delta U_{P\%} = \frac{12 \cdot 4,2 \cdot 0,017 + 32,2 \cdot 0,08 \cdot 0,017}{10 \cdot 0,38^2} = 0,6\% - \text{условие выполняется}$$

где $\Delta U_{\text{дон}\%} = 5\%$ – допустимая потеря напряжения согласно ПУЭ.

Провод АВВГ 4х8 оставляем.

Аналогичные расчеты проводим для остальных ЭП и групп ЭП и заносим в таблицы 9.5, 9.6.

Таблица 9.4 – Выбор автоматических выключателей распределительной сети от ПР

Распределительный пункт	наименование ЭП	P, кВт	cosφ	I _{ном} , А	K _п	I _{пуск} , А	Защитная аппар.	I _{т.р} , А	K	$I_{э.р.} \geq 1,5 I_{пуск} \text{ для ЭП,}$ $I_{э.р.} \geq 1,25 I_{пуск} \text{ для гр. ЭП,}$	I _{доп}	$доп \frac{K_3}{K_{прокл}}$	Марка кабельной линии	L, км
ПР1	Сверлильный станок	15	0,5	50,15	5	250,75	ВА-13-29	63	6	378 > 376,1	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,0105
ПР1	Кран-балка	30	0,5	62,6	5	313	ВА-57-35	63	8	504 > 469,5	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,0016
ПР1	Шлифовальный станок	20	0,65	51,4	5	257	ВА-51-31	63	7,5	472,5 > 385	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,004
ПР1	Вентилятор	22	0,8	46	5	230	ВА-57-35	50	8	400 > 345	60	60 > 53,2	АВВГ 4*10	0,0075
ПР1	От ПР-1 к ПР-2	150	0,53	184,2	-	381	ВА-85-41	200	3	600 > 476,3	255	255 > 212,8	АВВГ 4*95	0,02
ПР2	Электротермическая печь	60	0,95	96	3	288	ВА-57-35	100	5	500 > 432	130	130 > 106,9	АВВГ 4*35	0,015
ПР2	Электротермическая печь	60	0,95	96	3	288	ВА-57-35	100	5	500 > 432	130	130 > 106,9	АВВГ 4*35	0,0145
ПР2	Вытяжка	15	0,8	31,3	5	156,5	ВА-57-35	31,5	8	252 > 234,75	36	36 > 33,5	АВВГ 4*5	0,02
ПР2	Вытяжка	15	0,8	31,3	5	156,5	ВА-57-35	31,5	8	252 > 234,75	36	36 > 33,5	АВВГ 4*5	0,0135
ПР3	Токарный станок	18	0,5	60,1	5	90	ВА-57-35	63	2,5	157,5 > 135	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,01
ПР3	Токарный станок	18	0,5	60,1	5	90	ВА-57-35	63	2,5	157,5 > 135	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,006
ПР3	Токарный станок	18	0,5	60,1	5	90	ВА-57-35	63	2,5	157,5 > 135	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,0075

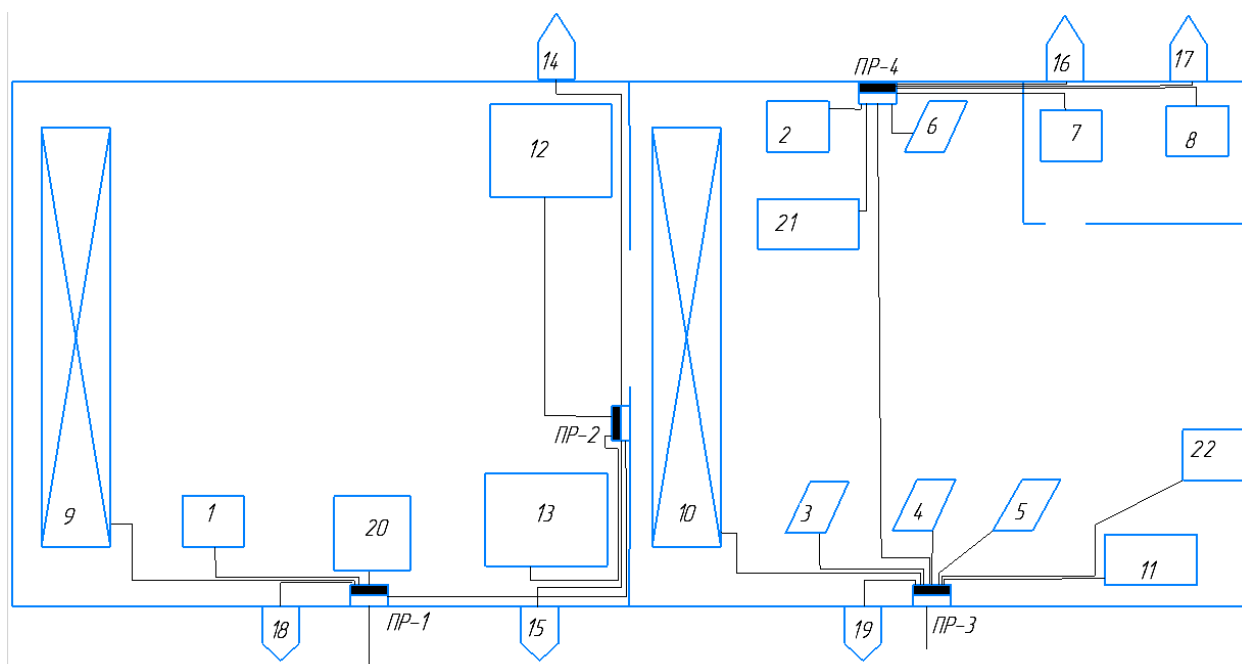
Распределительный пункт	наименование ЭП	$P, \text{кВт}$	$\cos\phi$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	$K_{\text{п}}$	$I_{\text{пуск}}, \text{А}$	Защитная аппар.	$I_{\text{т.р}}, \text{А}$	K	$I_{\text{э.р.}} \geq 1,5 I_{\text{пуск}} \text{ для ЭП,}$ $I_{\text{э.р.}} \geq 1,25 I_{\text{пуск}} \text{ для гр. ЭП,}$	$I_{\text{доп}}$	$\text{доп } \frac{K_3}{K_{\text{прокл}}}$	Марка кабельной линии	$L, \text{км}$
ПРЗ	Кран-балка	30	0,5	62,6	5	313	ВА-51-31	63	7,5	472,5>469,5	75	75>67	АВВГ 4*16	0,0135
ПРЗ	Гидравлический пресс	30	0,65	77,1	5	385,5	ВА-51-31	80	7,5	600>578,25	105	105>85,1	АВВГ 4*25	0,01
ПРЗ	Компрессор	20	0,8	41,7	5	208,5	ВА-57-35	50	8	400>312,7	60	60>53,2	АВВГ 4*10	0,016
ПРЗ	Вентилятор	22	0,8	46	5	230	ВА-57-35	50	8	400 >345	60	60>53,2	АВВГ 4*10	0,0055
ПРЗ	От ПР-3 к ПР-4	137	0,48	161	-	401,3	ВА-74-40	200	3	600 >501,6	255	255 >212,8	АВВГ 4*95	0,0255
ПР4	Сверлильный станок	15	0,5	50,15	5	250,75	ВА-57-35	63	6	378 >376,1	75	75 > 67	АВВГ 4*16	0,0045
ПР4	Фрезерный станок	16	0,5	53,4	5	267	ВА-51-31	63	7,5	472,5>400,5	75	75>67	АВВГ 4*16	0,0052
ПР4	Сварочный агрегат ПВ60%	25	0,35	38	3	114	ВА-57-35	40	5	200 >171	46	46>42,5	АВВГ 4*8	0,011
ПР4	Сварочный агрегат ПВ60%	25	0,35	38	3	114	ВА-57-35	40	5	200 >171	46	46>42,5	АВВГ 4*8	0,017
ПР4	Шлифовальный станок	20	0,65	51,4	5	257	ВА-51-31	63	7,5	472,5>385,5	75	75>67	АВВГ 4*16	0,008
ПР4	Вытяжка	3	0,65	7,8	5	39	ВА-51-31	8	7,5	60 >58,5	21	21>8,5	АВВГ 4*2	0,0105
ПР4	Вытяжка	3	0,65	7,8	5	39	ВА-51-31	8	7,5	60 >58,5	21	21>8,5	АВВГ 4*2	0,0155

Таблица 9.5 – Выбор вводных аппаратов ПР

Распреде-лительный пункт	наименование ЭП	$P_{кВт}$	$\cos\phi$	$I_{ном, А}$	$I_{пуск, А}$	Защитная аппар.	$I_{т.р, А}$	К	$I_{э.р.} \geq 1,25 I_{пуск}$ для гр. ЭП,
ПР1	Вводной аппарат	237	0,45	191,8	473,5	ВА-57-35	200	4	$800 > 592$
ПР3	Вводной аппарат	293	0,38	289,3	525,6	ВА-85-41	400	2	$800 > 657$

Таблица 9.6 – Выбор аппаратов на ТП

Распреде-лительный пункт	наименование ЭП	$P_{кВт}$	$\cos\phi$	$I_{ном, А}$	$I_{пуск, А}$	Защитная аппар.	$I_{т.р, А}$	К	$I_{э.р.} \geq 1,25 I_{пуск}$ для гр. ЭП,	$I_{доп}$	$доп \frac{з K_з}{K_{прокл}}$	Марка кабельной линии	L, км
ТП-ПР1	Отходящий аппарат	237	0,45	191,8	473,5	ВА-85-41	250	4	$1000 > 592$	295	$295 > 265$	АВВГ 4*120	2*0,0205
ТП-ПР3	Отходящий аппарат	293	0,38	289,3	525,6	ВА-85-41	400	4	$1600 > 657$	295	$295 > 292,5$	АВВГ 4*120	2*0,043



Риунок 9.1 – Схема силовой сети механического цеха

10 ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮРЫ ОТКЛОНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Находим падение напряжение для цепочки линий от шин ГПП до зажимов наиболее удалённого электроприемника (сварочный аппарат).

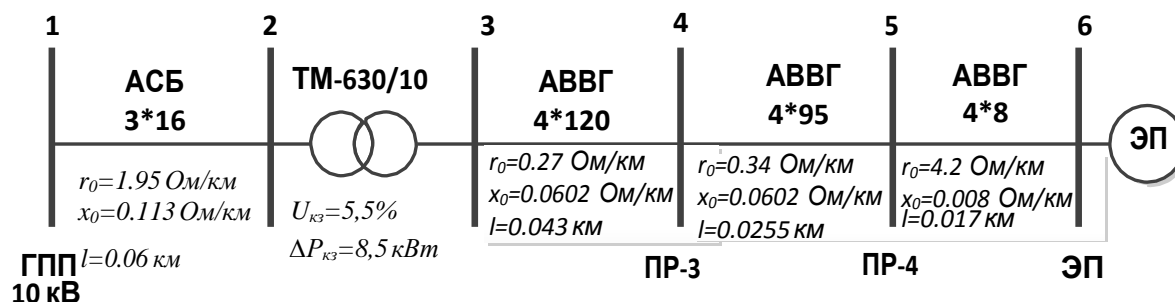


Рисунок 10.1 – Участок сети для расчета потерь напряжения и построения эпюры отклонений напряжения

$$P_{12} = 313 \text{ кВт} \quad P_{34} = 111,8 \text{ кВт} \quad P_{45} = 76,4 \text{ кВт} \quad P_{56} = 12 \text{ кВт}$$

$$Q_{12} = 253,5 \text{ кВар} \quad Q_{34} = 153,86 \text{ кВар} \quad Q_{45} = 114,6 \text{ кВар} \quad Q_{56} = 32,2 \text{ кВар}$$

Расчет потерь напряжений в различных элементах выбранной цепочки производим по нижеприведенным формулам.

Для трансформатора:

$$\Delta U_m \% = \beta_m \left(U_a \cdot \cos \varphi_2 + U_p \cdot \sin \varphi_2 \right) + \frac{\beta_m^2}{200} \left(U_a \cdot \sin \varphi_2 - U_p \cdot \cos \varphi_2 \right),$$

где β_m – отношение фактической загрузки одного трансформатора к его номинальной мощности в рассматриваемом режиме.

$$U_a = \frac{\Delta P_{\text{кз}} \cdot 100\%}{S_{\text{н.тр.}}} - \text{активная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, \%};$$

ния цехового трансформатора, %;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – потери активной мощности при КЗ, [кВт];

$$U_p = \sqrt{(U_{\text{к}})^2 - (U_a)^2} - \text{реактивная составляющая напряжения короткого замыкания цехового трансформатора, \%};$$

мыкания цехового трансформатора, %;

$U_{\text{к}}$ – напряжение короткого замыкания, %;

$\cos \varphi_2$ и $\sin \varphi_2$ – коэффициенты мощности по нагрузке трансформатора.

Для линии:
$$\Delta U \% = \frac{P \cdot R + Q \cdot X}{10 \cdot U_i^2},$$

где P и Q – соответственно величины активной и реактивной мощностей, передаваемых по расчетному участку в рассматриваемом режиме, кВт и кВар;

R и X – активное и индуктивное сопротивления данного участка сети, Ом;

U_i – напряжение на данном участке сети (в начале участка), кВ.

10.1. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО РЕЖИМА НАГРУЗОК

Участок 1-2(АСБ 3х16):

$$\Delta U_{12} \% = \frac{(313 \cdot 1,95 \cdot 0,06) + (253,5 \cdot 0,113 \cdot 0,06)}{(10 \cdot 10,5^2)} = 0,03\%$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 0,03 \cdot \frac{10500}{100} = 3,7 \text{ В}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_2 = 10500 - 3,7 = 10496,3 \text{ В}$$

Участок 2-3(ТМ-630/10):

Потери напряжения на участке определяется потерей напряжения в трансформаторе.

$$U_a \% = \frac{8,5}{630} \cdot 100 = 1,3 \%$$

$$U_p \% = \sqrt{5,5^2 + 1,3^2} = 7,15 \%$$

Коэффициенты мощности для вторичной нагрузки цехового трансформатора определяем по выражению:

$$\cos \varphi_2 = \frac{P_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{313}{\sqrt{313^2 + 253,5^2}} = 0,78$$

$$\sin \varphi_2 = \frac{Q_2}{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}} = \frac{253,5}{\sqrt{313^2 + 253,5^2}} = 0,63$$

$$\beta_m = \frac{\sqrt{P_2^2 + Q_2^2}}{S_{н.тр.}} = \frac{\sqrt{313^2 + 253,5^2}}{630} = 0,64$$

$$\Delta U_m = 0,64 \cdot (1,3 \cdot 0,83 + 7,15 \cdot 0,56) + \frac{0,64^2}{200} \cdot (1,3 \cdot 0,56 - 7,15 \cdot 0,83)^2 = 3,3\%$$

С учётом потерь в обмотке ВН напряжение ВН будет равно:

$$U_{ВН} = 10496,3 - 3,3 \cdot \frac{10500}{100} = 10149,8 \text{ В}$$

Напряжение на низкой стороне с учетом потерь будет составлять:

$$\Delta U_3 = 400 \cdot \frac{10149,8}{10500} = 386,7 \text{ В}$$

Участок 3-4(АВВГ 4х120):

$$\Delta U_{34} \% = \frac{(111,8 \cdot 0,27 \cdot 0,043) + (153,86 \cdot 0,0602 \cdot 0,043)}{(10 \cdot 0,3867^2)} = 1,13\%$$

Определим потери напряжения в вольтах:

$$\Delta U_{12} = 1,13 \cdot \frac{386,7}{100} = 4,4 \text{ В}$$

Тогда напряжение в конце данного участка составляет:

$$U_4 = 386,7 - 4,4 = 382,3 \text{ В}$$

Аналогично рассчитываем участки 4-5, 5-6.

$$\Delta U_{45} \% = 0,57\%$$

$$\Delta U_{45} = 2,2 \text{ В}$$

$$U_5 = 380,1 \text{ В}$$

$$\Delta U_{56} \% = 0,6\%$$

$$\Delta U_{56} = 2,37 \text{ В}$$

$$U_6 = 377,7 \text{ В}$$

Отклонения напряжения:

$$U_1 = 5\%$$

$$U_2 = U_1 - U_{III-III} = 5 - 0,03 = 4,97\%$$

$$\begin{aligned}
U_3 &= U_2 - U_{ТП} = 4,97 - 3,3 = 1,47\% \\
U_4 &= U_3 - U_{ТП-ПР3} = 1,47 - 1,13 = 0,34\% \\
U_5 &= U_4 - U_{ПР3-ПР4} = 0,34 - 0,57 = -0,23\% \\
U_6 &= U_5 - U_{ПР4-ЭП} = -0,23 - 0,6 = -0,83\%
\end{aligned}$$

Согласно ПУЭ, для силовых сетей отклонения напряжения от номинального должны составлять не более $\pm 5\%$. В данном случае условие выполняется.

10.2 РАСЧЕТ ДЛЯ МИНИМАЛЬНОГО РЕЖИМА НАГРУЗОК

Для определения потоков мощностей минимального режима необходимо воспользоваться характерным суточным графиком электрических. В нашем случае примем $P_{min} = 0,35 \cdot P_{max}$ минимальная реактивная мощность $Q_{min} = 0,55 \cdot Q_{max}$ в соответствии с суточным графиком нагрузки. После этого расчет повторяется по принципу расчета максимального режима, но при уменьшенной передаваемой мощности. Результаты заносим в таблицу 11. Строим эпюру отклонения напряжения.

10.3 РАСЧЕТ ДЛЯ ПОСЛЕАВАРИЙНОГО РЕЖИМА

Примем величину напряжения в начале участка $U_1 = 10,5 \text{ кВ}$.

$$\begin{aligned}
P &= 313 \cdot 2 = 626 \text{ кВт} \\
Q &= 253,5 \cdot 2 = 507 \text{ кВар.}
\end{aligned}$$

Суммарное отклонение напряжения равно:

$$\begin{aligned}
U_1 &= 5\% \\
U_2 &= U_1 - U_{ГПП-ТП} = 5 - 0,07 = 4,93\% \\
U_3 &= U_2 - U_{ТП} = 4,93 - 6,7 = -1,77\% \\
U_4 &= U_3 - U_{ТП-ПР3} = -1,77 - 1,2 = -2,97\% \\
U_5 &= U_4 - U_{ПР3-ПР4} = -2,97 - 0,6 = -3,57\%
\end{aligned}$$

$$U_6 = U_5 - U_{\text{ПР4-ЭП}} = -3,57 - 0,67 = -4,24\%$$

Результаты заносим в таблицу 10.1.

Таблица 10.1 – Расчеты потери напряжения

Обозначение участка	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
Марка кабеля (сечение, мм ²)	АСБ(3х16)	ТМ –2х 630/10	2хАВВГ (4х120)	АВВГ (4х95)	АВВГ (4х8)
Длина, км	0,06	-	0,043	0,0255	0,017
Активное, Ом/км Реактивное, Ом/км	1,95 0,113	$S_{\text{ном}} = 630 \text{ кВА}$ $\Delta P_{\text{кз}} = 8,5 \text{ кВт}$ $U_{\text{к}} = 5,5 \%$	0,27 0,0602	0,34 0,0602	4,2 0,08
Нагрузки Р+jQ максимальный минимальный режимы	313+j253,5 109,5+j139,4	313+j253,5 109,5+j139,4	111.8+j153.86 39,1+j84,6	76.4+j114.6 26+j63	12+j32.2 4,2+j17,7
Потери % на- пряжения макс / мин/ после авар.режим	0,03/0,02/0,07	3,3/1,8/6,7	1,13/0,86/1,2	0,57/0,35/0,6	0,6/0,5/0,67

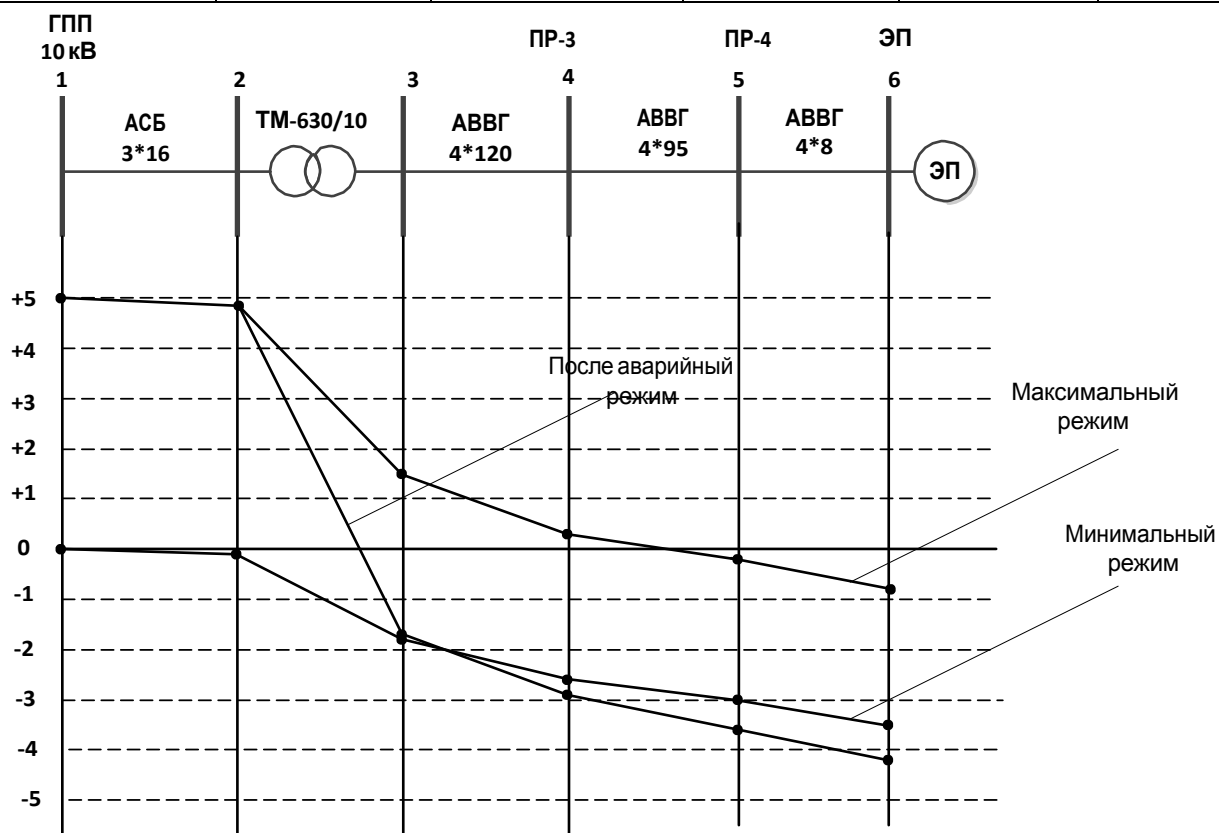


Рисунок 10.2 – Эпюра отклонения напряжения

11 РАСЧЁТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕТИ ДО 1000 В

Расчет токов КЗ проводим для участка цеховой сети от ТП-1 до наиболее удаленного электроприемника цеха (сварочный аппарат). Полученные данные наносим на карту селективности действия аппаратов защиты.

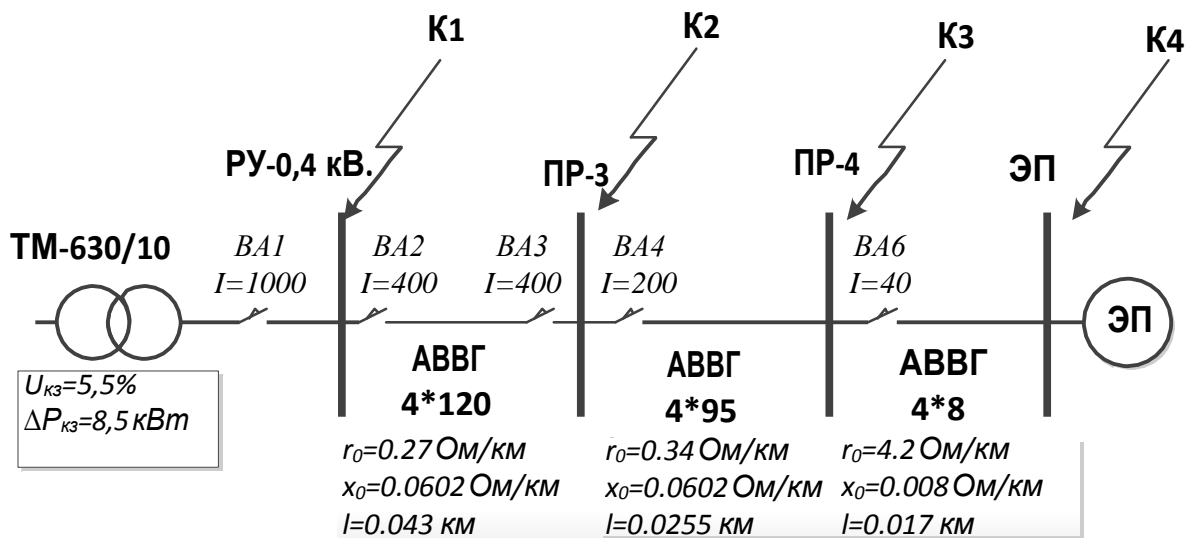


Рисунок 11.1 – Участок сети до 1000 В для расчета токов КЗ.

Расчёт токов КЗ в сети до 1000 В имеет следующие особенности:

1) принимаем мощность $S_c = \infty$, т.е. напряжение на шинах подстанции считается неизменным при КЗ в сети до 1000 В;

2) при расчёте учитываются активные и реактивные сопротивления до точки КЗ всех элементов сети: силового трансформатора, сопротивление токовой катушки автоматического выключателя и переходное сопротивление контактов, сопротивление первичной обмотки трансформаторов тока, сопротивление проводов и кабелей;

3) расчёт ведётся в именованных единицах, напряжение принимается на 5% выше номинального напряжения сети. Принимаем $U_c=400\text{В}$

Расчёт токов КЗ для точки К1:

1. Сопротивления автоматического выключателя ВА1:

$$R_{A1} = 0,1 \text{ мОм}; \quad X_{A1} = 0,1 \text{ мОм}; \quad R_{Anepl} = 0,15 \text{ мОм}$$

2. Сопротивления автоматического выключателя ВА2:

$$R_{A2} = 0,32 \text{ мОм}; \quad X_{A2} = 0,4 \text{ мОм}; \quad R_{Aнеp2} = 0,57 \text{ мОм} .$$

3.Сопровствления автоматического выключателя ВА3:

$$R_{A3} = 0,33 \text{ мОм}; \quad X_{A3} = 0,41 \text{ мОм}; \quad R_{Aнеp3} = 0,58 \text{ мОм}$$

4.Сопровствления автоматического выключателя ВА4:

$$R_{A4} = 0,4 \text{ мОм}; \quad X_{A4} = 0,5 \text{ мОм}; \quad R_{Aнеp4} = 0,6 \text{ мОм}$$

5.Сопровствления автоматического выключателя ВА6:

$$R_{A6} = 6 \text{ мОм}; \quad X_{A6} = 5 \text{ мОм}; \quad R_{Aнеp6} = 1,5 \text{ мОм}$$

Для нахождения сопровствлений для ВА воспользовались методом линейной интерполяции.

6. Сопровствления кабельных линий

$$R_{KЛ1} = 11,6 \text{ мОм} \quad X_{KЛ1} = 2,58 \text{ мОм}$$

$$R_{KЛ2} = 8,67 \text{ мОм} \quad X_{KЛ2} = 1,5 \text{ мОм}$$

$$R_{KЛ3} = 71,4 \text{ мОм} \quad X_{KЛ3} = 0,13 \text{ мОм}$$

7. Активные переходные сопровствления неподвижных контактных соединений:

$$R_{kkЛ1} = 0,024 \text{ мОм} \quad R_{kkЛ2} = 0,027 \text{ мОм} \quad R_{kkЛ3} = 0,01 \text{ мОм}$$

8. Переходные сопровствления ступеней распределения:

$$R_{py \text{ нн}} = 15 \text{ мОм} \quad R_{пp3} = 20 \text{ мОм} \quad R_{пp4} = 25 \text{ мОм} \quad R_{эп} = 30 \text{ мОм}$$

9. Сопровствления трансформатора:

$$R_{mp} = 3,1 \text{ мОм} \quad X_{tp} = 13,6 \text{ мОм}$$

Приводим сопровствления системы высшего напряжения к напряжению 0,38 кВ.

$$x_{\sum 10\epsilon} = x_{\epsilon л} + x_{mpГПП} + x_{кл} = 0,005 + 16,2 + 0,00004 = 16,2 \text{ мОм}.$$

$$r_{\sum 10\epsilon} = r_{\epsilon л} + r_{кл} = 0,012 + 0,000117 = 0,012 \text{ мОм}.$$

$$x_{\sum 10н} = x_{\sum 10\epsilon} \left(\frac{U_{ном.нн}}{U_{ном.вн}} \right)^2 = 16,2 \cdot \left(\frac{0,38}{10} \right)^2 = 0,023 \text{ мОм};$$

$$r_{\sum 10н} = r_{\sum 10\epsilon} \left(\frac{U_{ном.нн}}{U_{ном.вн}} \right)^2 = 0,012 \cdot \left(\frac{0,38}{10} \right)^2 = 0,000017 \text{ мОм}.$$

Упростим схему замещения, определив эквивалентные сопровствления на уча-

стках схемы между точками КЗ

$$R_1 = R_{I0H} + R_{mp} + R_{A1} + R_{Aнеp1} + R_{PY \text{ HH}} = 0,000017 + 3,1 + 0,1 + 0,15 + 15 = 18,35 \text{ мОм.}$$

$$X_1 = X_{I0H} + X_{mp} + X_{A1} = 0,023 + 13,6 + 0,1 = 13,7 \text{ мОм}$$

$$R_2 = R_{A2} + R_{Aнеp2} + R_{KKII} + R_{KII} + R_{A3} + R_{Aнеp3} + R_{II3} + R_1 = \\ = 0,32 + 0,57 + 11,6 + 0,024 + 0,33 + 0,58 + 20 + 18,35 = 51,8 \text{ мОм}$$

$$X_2 = X_{A2} + X_{KII} + X_{A3} + X_1 = 0,4 + 2,58 + 0,41 + 13,7 = 17 \text{ мОм}$$

$$R_3 = R_{A4} + R_{Aнеp4} + R_{KKII2} + R_{KII2} + R_{II4} + R_2 = \\ = 0,4 + 0,6 + 8,67 + 0,27 + 25 + 51,8 = 87,8 \text{ мОм}$$

$$X_3 = X_{A4} + X_{KII2} + X_2 = 0,5 + 1,5 + 17 = 19,54 \text{ мОм}$$

$$R_4 = R_{A6} + R_{Aнеp6} + R_{KKII3} + R_{KII3} + R_{ЭП} + R_3 = \\ = 6 + 1,5 + 71,4 + 0,01 + 30 + 87,8 = 196,7 \text{ мОм.}$$

$$X_4 = X_{A6} + X_{KII3} + X_3 = 5 + 0,13 + 19,54 = 24,7 \text{ мОм}$$

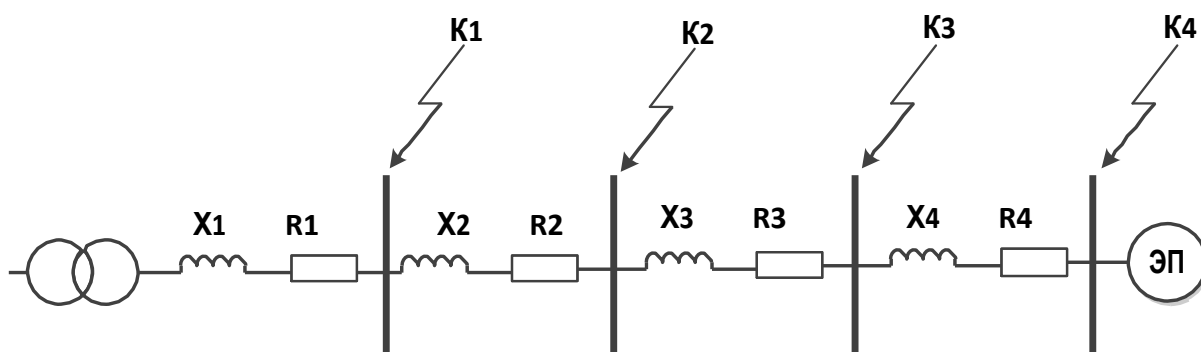


Рисунок 11.2 – Упрощенная схема замещения цеховой сети

Ток КЗ в точке К1 равен:

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{сети}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_1^2 + X_1^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 22,9} = 10,1 \text{ кА;}$$

Ударный ток в точке К1:

$$i_{y1} = k_{y1} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1} = 1,02 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,1 = 14,57 \text{ кА.}$$

Значение k_y определяем по кривой, для

$$\frac{x}{r} = \frac{13,7}{18,35} = 0,75; \quad k_{y1} = 1,02$$

Аналогично рассчитываем ток КЗ в других точках цеховой сети. При

этом учитываем сопротивления шинопроводов, кабельных линий и переходные сопротивления контактов. Результаты расчетов сведены в таблицу 11.1.

Таблица 11.1. – Результаты расчета токов КЗ

Точка	Z_1 , МОм	Z_2 , МОм	$R_{доб}$, МОм	I_K , кА	K	γ	I_y , кА
К1	13,7	18,35	15		0,75		
К2	17	51,8	20	4,2	0,33	1	5,9
К3	19,54	87,8	25	2,6	0,22	1	3,7
К4	24,7	196,7	30	1,2	0,13	1	1,7

Таблица 11.2 – Выбор вводных автоматов на КТП1.

Расчетные данные	Каталожные данные
	ВА 85-41
$U = 0,4$ кВ	$U_{ном} = 0,4$ кВ
$I_{max} = 958$ А	$I_{ном} = 1000$ $I_{ном.расч} = 1000$
$I_K = 10.1$ кА	$I_{пКС} = 55$
$i_{уд} = 14,57$ кА	$i_{дин} = 116$

12 ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ СЕЛЕКТИВНОСТИ ДЛЯ УЧАСТКА ЦЕХОВОЙ СЕТИ

Карту селективности строим для участка цеховой сети от вводного автомата на подстанции ТП-1 до самого удалённого электроприемника №8. Данные для построения карты селективности представлены в таблице 12.1.

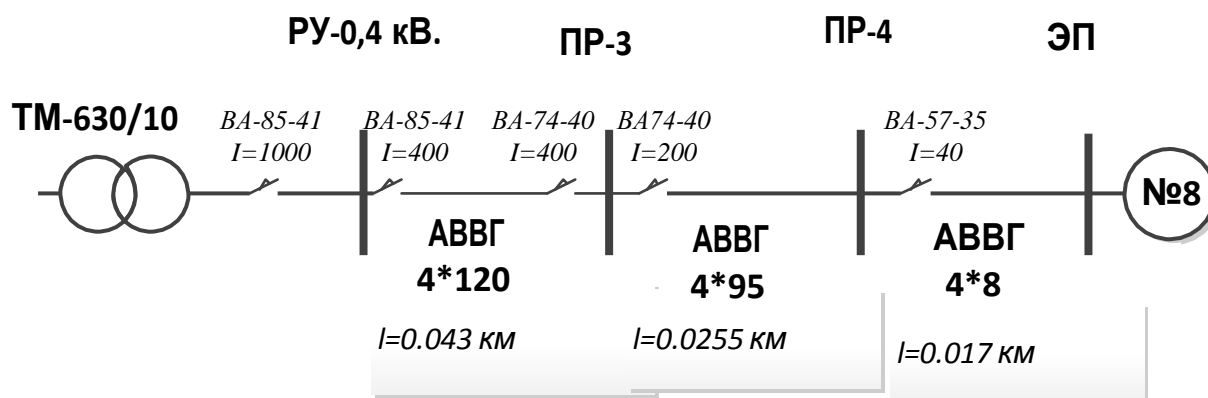


Рисунок 12.1 – Схема для построения селективности участка

Таблица 12.1 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

	ЭП	ПР4	ПР3	ТП-1	I _{кз} в соотв. точках, кА			
					1	2	3	4
I _p , А	-	161	289,3	402,8		4,2	2,9	1,2
I _{пик} , А	-	401,3	525,6	738,2				
I _{ном} , А	38	-	-	-				
I _{пуск} , А	114	-	-	-				

Таблица 12.2 – Данные для построения карты селективности действия аппаратов защиты

Наименование аппарата защиты	Номинальный ток расцепителя, А	Номинальный ток срабатывания уставки в зоне КЗ, А
ВА-55-41	1000	2000
ВА-85-41	400	1600
ВА-74-40	400	800
ВА-74-40	200	600
ВА-57-35	40	200

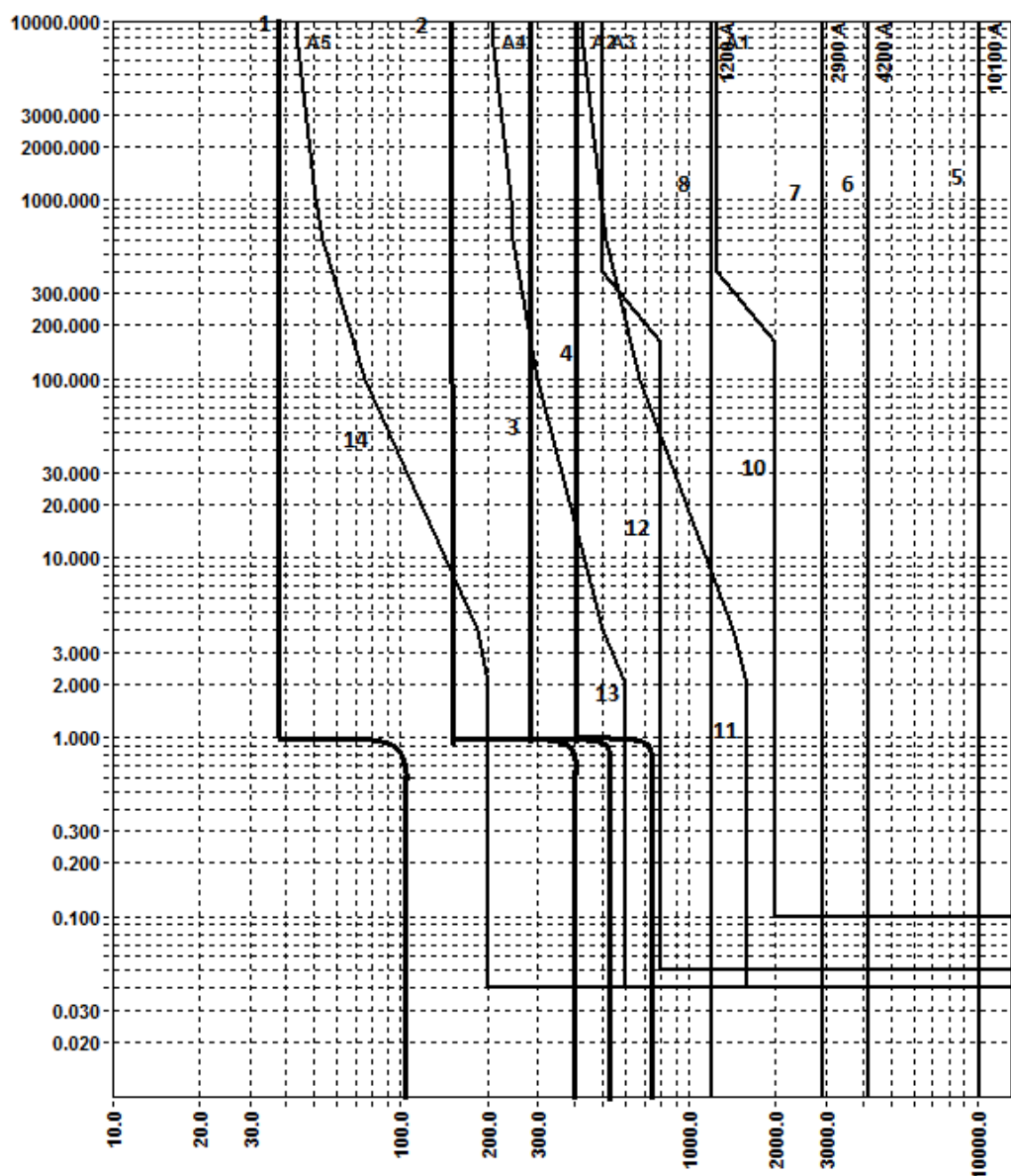


Рисунок 12.1 – Карта селективности действия аппаратов защиты

Обозначения на карте селективности:

- 1 – номинальный и пусковой ток ЭП;
- 2 – расчетный и пиковый ток ПР-4;
- 3 – расчетный и пиковый ток ПР-3;
- 4 – расчетный и пиковый ток на ТП-1;
- 5,6,7,8 – значения тока КЗ в точках К1, К2, К3, К4;
- 10 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА-55-41,

$$I_{K3} = 2000\text{A};$$
- 11 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА-85-41,

$$I_{K3} = 1600\text{A};$$

12 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА-74-40,

$$I_{K3} = 800\text{A};$$

13 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА-74-40,

$$I_{K3} = 600\text{A};$$

14 – защитная характеристика автоматического выключателя ВА-57-35,

$$I_{K3} = 200\text{A};$$

13 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является оценка себестоимости проектирование электро-снабжения базы металлоконструкций ПАО «ТРК». При проектировании будет рассматриваться вопрос об установке источника реактивной мощности на базе конденсаторных батарей на стороне 10 кВ

В этом разделе ВКР рассматривается технико-экономическое обоснование необходимости компенсации реактивной мощности, а также расчет стоимости проекта. Основной задачей компенсации реактивной мощности является снижение потерь активной мощности. Сравнение экономической эффективности двух вариантов электроустановки с равной степенью надёжности. Эти сравнения в конечном итоге обеспечивают снижение расходов на обслуживание и ремонт, повышение мощности подстанции, обеспечивается надёжность электроснабжения. Экономический эффект может быть получен за счет компенсации реактивной мощности, что ведет к уменьшению полной мощности передаваемой подстанцией, это снижает загрузку трансформаторов и соответственно снижает потери в трансформаторах (ведь чем больше загружен трансформатор тем выше потери в нем).

Произвести оценку научно-технического уровня проекта. Организационную эффективность, оценку рисков.

13.1 ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЕГО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

В данной работе выполнено проектирование системы электроснабжения базы металлоконструкций ПАО «ТРК» с детальной проработкой механического цеха.

Данный проект может представлять интерес для предприятий, работающих в области ремонтно-механических заводов, поэтому можно говорить о том, что проект имеет коммерческий потенциал.

Разработка научно-исследовательской работы производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – руководителя и инженера.

13.2 ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЕКТА

В проектировании электроснабжения завода металлоконструкций ПАО «ТРК» принимали участие 2 работника: научный руководитель и инженер.

Для расчета основной заработной платы сотрудников составляем график выполнения работ таблица 13.1.

Таблица 13.1 – Описание графика выполнения работ

Сотрудник	Количество дней	Обозначение на графике
Научный руководитель	8	
Инженер	82	

Таблица 13.2 – Этапы выполнения работ и график выполнения работ

№ этапа	Наименование работы	Потребная численность, чел.	Продолжительность работы				График выполнения работ, дни											
			t_{min}	$t_{н.в}$	t_{max}	$t_{ож}$	1-2	3-9	10-12	13-16	17-22	23-24	25-30	31-36	37-41	42-65	66-78	79-82
0-1	Разработка задания	Руководитель	2	2	4	2	<div></div>											
		Инженер					<div></div>											
1-2	Сбор и изучение литературы	Инженер	5	7	8	7		<div></div>										
2-	Расчет нагрузки ин-струментального цеха	Инженер	2	3	4	3			<div></div>									
3-4	Расчет электрических нагрузок по предпри-ятию	Инженер	3	4	5	4			<div></div>									
4-5	Построение карто-граммы нагрузок и определение ЦЭН	Инженер	4	6	7	6				<div></div>								
5-6	Выбор трансформаторов цеховых подстанций	Руководитель	2	2	4	2					<div></div>							
		Инженер								<div></div>								
6-7	Анализ и проверка выбранного оборудо-вания	Инженер	4	6	7	6						<div></div>						
7-8	Выбор электрообору-дования в сети выше 1000 В	Инженер	4	6	7	6							<div></div>					
8-9	Расчет схемы электроснабжения	Инженер	3	5	6	5												
9-10	Оформление отчета по проделанной рабо-те	Инженер	22	24	28	24								<div></div>				
10-11	Выполнение графической части	Инженер	10	13	15	13												
11-12	Проверка и сдача проекта	Руководитель	4	4	6	4												
		Инженер																<div></div>
Итого			64	82	100	82												

13.3 СМЕТА ЗАТРАТ НА ПРОЕКТ

Затраты, образующие себестоимость продукции группируются в соответствии с их экономическим содержанием по следующим элементам:

Суммарные издержки на проектирование электроснабжения определяем по выражению:

$$\sum I_{\text{проекта}} = I_{\text{з.пл}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}},$$

где $I_{\text{з.пл}}$ – издержки на заработную плату;

$I_{\text{соц}}$ – издержки на социальные отчисления;

$I_{\text{мат}}$ – материальные издержки;

$I_{\text{ам}}$ – амортизационные издержки;

$I_{\text{пр}}$ – прочие издержки;

$I_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

Издержки на заработную плату

13.3.1 МАТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

Материальные затраты включают в себя расходные материалы, сведенные в приведенную ниже таблицу 13.3.

Таблица 13.3 – Материальные затраты

Материал	Единица измерения	Количество	Стоимость, руб.
Печатная бумага	Пачка	2	250
ИТОГО		$I_{\text{м}}=500$	

13.3.2 ЗАТРАТЫ НА ЗАРАБОТАННУЮ ПЛАТУ

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{з.пл.}} = \frac{(3 \cdot k_1) \cdot k_2}{21} n,$$

где: $З$ – месячный оклад сотрудника;

k_1 – коэффициент, который учитывает отпуск (1,1);

k_2 – районный коэффициент (1,3);

21 – количество рабочих дней в месяце;

n – количество рабочих дней затраченных на проект.

Произведем расчет заработной платы для научного руководителя

$$I_{з.пл.} = \frac{(З \cdot k_1) \cdot k_2}{21} \quad n = \frac{(26300 \cdot 1.1) \cdot 1.3}{21} \cdot 8 = 14327 \text{ (руб.)}$$

Расчет заработной платы для инженера

$$I_{з.пл.} = \frac{(З \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \quad X = \frac{(17000) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 82 = 94924 \text{ (руб.)}$$

Сводим расчеты в таблицу 13.4

Таблица 13.4 – Заработная плата исполнителей.

Должность	Оклад	Коэффициент за отпуск	Районный коэффициент	Итоговая зарплата за месяц	Средняя зар- плата за один день, руб.	Количество дней работы над проектом	ФЗП
Научный руководитель, 15р	26300	1,1	1,3	37609	1791	8	14327
Инженер 10р	17000	1,1	1,3	24310	1157	82	94924
Итого				64675		128	109251

Фонд заработной платы $ФЗП = \sum ЗП_{исп.}$

$ФЗП = 109251 \text{ р.}$

13.3.3 ОТЧИСЛЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫЕ ФОНДЫ

Размер отчислений в социальные фонды составляет 30% от ФЗП.

Сумма начислений в социальные фонды составляет:

$$И_{сн} = 109251 \cdot 0,3 = 32775 \text{ руб.}$$

13.3.4 АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ

Специальное оборудование учитывается в сметной стоимости в виде амортизационных отчислений.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot \Phi_{кт} \quad H_{ф} = \frac{82}{365} \cdot 34000 \cdot \frac{1}{5} = 1527 \text{ руб}$$

где T_u – количество отработанных дней на ПК;

$T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$\Phi_{кт}$ – первоначальная стоимость ПК;

$$H_{ф} = \frac{1}{T_{сл}} - \text{срок службы} = 109251 \cdot 0,3 = 32775$$

13.3.5 ПРОЧИЕ РАСХОДЫ

Принимаем размер прочих затрат как 10% от суммы расходов на материальные затраты, услуги сторонних организаций, амортизации оборудования, затрат на оплату труда, отчисления на социальные нужды.

$$\begin{aligned} I_{пр} &= 0,1 \cdot (I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам}) = \\ &= 0,1 \cdot (109251 + 32775 + 500 + 1527) = 14405 \text{ руб.} \end{aligned}$$

13.3.6 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ

Накладные расходы составят 16% от ФЗП. Включают в себя затраты на хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители и другие косвенные затраты.

$$I_{накл} = 0,16 \cdot I_{з.пл} = 0,16 \cdot 109251 = 17480 \text{ руб.}$$

Себестоимость проекта:

$$\sum I_{\text{проекта}} = I_{\text{з.пл}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}} =$$

$$= 109251 + 32775 + 500 + 1527 + 14405 + 17480 = 175938 \text{ руб}$$

Смета затрат представлена в таблице 13.5

Таблица 13.5 – Смета затрат

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$I_{\text{з.пл}} \Sigma$	109251
2	Социальные отчисления	$I_{\text{соц}}$	32775
3	Материальные затраты	$I_{\text{мат}}$	500
4	Амортизационные отчисления	$I_{\text{ам}}$	1527
5	Прочие издержки	$I_{\text{пр}}$	14405
6	Накладные расходы	$I_{\text{накл}}$	175938
7	Себестоимость проекта	$\sum I_{\text{проекта}}$	175938

13.4 СМЕТА ЗАТРАТ НА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Проведем сравнения двух вариант ГПП: с установкой конденсаторных батарей (для компенсации реактивной мощности и без установки конденсаторных батарей

Таблица 13.6 – Расчёт капиталовложений на оборудование

№ варианта	Наименование электрооборудования	Кол-во шт.	Цена 1 ед. тыс. руб.	Дополнительные затраты тыс. руб.	Итого по варианту тыс. руб.
1	Распред. устр-во ОРУ-35 кВ	1	6700	1340	8040
	Трансформатор ТСЗ-25кВА	2	420	84	1008
	Трансформатор ТМН – 630/35	2	8900	1780	21360
	Распред. устройство ЗРУ-10 кВ	1	5100	1020	6120
	Щит управления	3	3248	650	11694
	Стоимость проекта	1	176		176
Итого по варианту 1					48398

№ варианта	Наименование электрооборудования	Кол-во шт.	Цена 1 ед. тыс. руб.	Дополнительные затраты тыс. руб.	Итого по варианту тыс. руб.
2	Распред. устр-во ОРУ-35 кВ	1	6700	1340	8040
	Трансформатор ТСЗ-25кВА	2	420	84	1008
	Трансформатор ТМН – 630/35	2	8900	1780	21360
	Распред. устр-во ЗРУ-10 кВ	1	5100	1020	6120
	Щит управления	3	3248	650	11694
	Реактивная конденсаторная батарея	2	1150	230	2760
	Стоимость проекта	1	176		176
Итого по варианту 2					51158

13.5 РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

Эксплуатационные затраты определяются из следующей формулы:

$$C = C_a + C_{po} + C_э,$$

где C_a – ежегодные амортизационные отчисления, руб.

C_{po} – годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования, руб.

$C_э$ – стоимость годовых потерь электроэнергии, руб.

Ежегодные амортизационные отчисления

$$C_a = P_a \cdot K,$$

где P_a – норма амортизационных отчислений, % (для силового электрооборудования $P_a = 6,4$ %)

Вариант 1

$$C_{a1} = 6,4 \cdot 48398 / 100 = 3097 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант 2

$$C_{a2} = 6,4 \cdot 51158 / 100 = 3274 \text{ тыс. руб.}$$

Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт электрооборудования C_{po} включают зарплату ремонтного и обслуживающего персонала и затраты на материалы необходимые для ремонта и обслуживания электрооборудования.

$$C_{po} = (C_{зр} + C_{зо}) \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 + C_{мр} + C_{мо},$$

где $C_{зр}$ – основная зарплата ремонтного персонала за год;

$C_{зо}$ – основная зарплата обслуживающего персонала за год;

λ_1 – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату ; $\lambda_1 = 1,1$

λ_2 – коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование;
 $\lambda_2 = 1,3$

$C_{мр}$ – затраты на материалы, необходимые для ремонта;

$C_{мр} = 75 \%$ от основной зарплате ремонтных рабочих;

$C_{мо}$ – затраты на материалы, необходимые для обслуживания.

$C_{мо} = 15 \%$ от основной зарплате обслуживающего персонала.

Результаты расчетов сведены в таблицу.

Таблица 13.7 – Годовые расходы на обслуживание и текущий ремонт

№ варианта	$C_{зр}$ (руб)	$C_{зо}$ (руб)	$C_{мр}$ (руб)	$C_{мо}$ (руб)	C_{po} (руб)
1	234000	312000	175500	46800	932100
2	234000	312000	175500	46800	932100

Стоимость годовых потерь активной электроэнергии:

$$C_9 = \Delta P \cdot j$$

где ΔP – среднегодовые потери активной мощности, кВт;

$j = C_{yэ} \cdot T_2$ – стоимость 1кВт электроэнергии;

$C_{yэ} = 1,08$ руб. / кВт·ч

T_2 – годовое время включения электроустановки $T_2 = 8760$ ч/год. Потери активной и реактивной мощности в трансформаторах сравниваемых вариантов определяем по формулам

$$\Delta P_m = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot \beta^2, \text{ кВт}$$

где ΔP_{xx} , $\Delta P_{кз}$ – номинальные активные потери в стали и обмотках трансформатора, кВт;

β – коэффициент загрузки трансформатора.

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{xx} + \beta^2 \cdot U_K \% \cdot 1/100, \text{ квар}$$

$$\Delta Q_{xx} = S_H \cdot I_{xx} \% \cdot 1/100$$

где ΔQ_{xx} – постоянная составляющая потерь реактивной мощности, квар.

$$\Delta Q_{кз} = S_H \cdot U_K \% \cdot 1/100$$

где $\Delta Q_{кз}$ – реактивная мощность, потребляемая трансформатором при полной нагрузке, квар.

$I_{xx} \%$ – ток холостого хода, %.

$U_K \%$ – напряжение короткого замыкания, %.

Расчет потерь, технические данные сведем в таблицу 13.7.

Потери в трансформаторах сравниваемых вариантов значительные и кроме того различны, этим обусловлено заметное их влияние на экономичность сравниваемых вариантов, следовательно их надо учитывать путем расчета приведенных активных потерь мощности $\Delta P'$.

Таблица 13.8 – Потери мощности сравниваемых вариантов

№ варианта	Технические данные трансформаторов	Коэффициент загрузки β	Потери активной мощности ΔP , кВт	Потери реактивной мощности ΔQ , квар
1	ТМН – 630/35 $S_H = 630$ кВА $\Delta P_{xx} = 1.6$ кВт $\Delta P_{кз} = 7.6$ кВт $I_{xx} \% = 2$ % $U_{кз} \% = 6,5$ В 2 ^х ТМН-630 кВА	0,68	7.45	133.5
			14.9	267
2	ТМН – 630/35 $S_H = 630$ кВА $\Delta P_{xx} = 1.6$ кВт $\Delta P_{кз} = 7.6$ кВт $I_{xx} \% = 2$ % $U_{кз} \% = 6,5$ В 2 ^х ТМН-630 кВА	0,56	5.89	732.9
			11.78	146.58

Необходимо учесть дополнительные затраты на компенсацию собственного потребления реактивной мощности составляемых вариантов.

$$\Delta P' = \Delta P_{yn} + K_{эк} \cdot \Delta Q,$$

где ΔP_{yn} – удельные приведенные потери на 1 квар мощности компенсирующего устройства;

$K_{эк}$ – экономический эквивалент реактивной мощности компенсирующего устройства, кВт /квар;

P – значение суммарного коэффициента отчисления $P = 0,225$ для статических КБ;

j – стоимость одного кВт / год, 9460,8 руб /кВт-год;

$K_{ук}$ – удельные капитальные затраты на установку компенсирующего устройства на 1 квар его мощности. $K_{ук} = 1397$ руб./квар

$\Delta P_{ук} = 0,003$ кВт/квар – удельные потери активной мощности на кВт/квар.

$$K_{эк} = \Delta P_{уп} = P \cdot K_{ук} / j + \Delta P_{ук}$$

$$K_{эк} = 0,225 \cdot 1397 / 1,08 \cdot 8760 + 0,003 = 0,036 \text{ кВт/квар}$$

Вычислим приведенные активные потери,

где $\Delta Q = \Delta Q_T + \Delta Q_H$

Q_H – некомпенсированная конденсаторной установкой реактивная мощность.

$$Q_H = 302 \text{ квар}$$

$$\Delta P'_1 = 14.9 + 0,036 \cdot (267 + 302) = 345$$

$$\Delta P'_2 = 11.78 + 0,036 \cdot 146.5 = 170$$

После расчета приведенных потерь активной мощности рассчитывается их стоимость.

$$C_9 = \Delta P' \cdot j$$

Результаты расчётов приведённых затрат сводим в таблицу 13.7.

Приведенные затраты для различных вариантов с одинаковой производительностью и с одинаковым уровнем надежности определяется следующим образом:

$$Z = P_n \cdot K + C$$

где P_n – нормативный коэффициент эффективности, 1/год (для расчетов установок энергетики $p_n = 0,15$;

K – единовременные капитальные вложения, руб.;

C – эксплуатационные затраты, руб.

Таблица 13.9 – Результаты расчётов приведённых затрат

№	$Z = P_n \cdot K + C$	P_n	К	$C = C_a + C_{po} + C_э$			C (руб)
				C_a (руб)	C_{po} (руб)	$C_э$ (руб)	
1	14552776	0,15	48398000	3097000	932100	3263976	7293076
2	13488136	0.15	51158000	3274000	932100	1608336	5814436

По результатам расчетов 2-ой вариант установки конденсаторных батарей имеет меньше приведенные затраты, при одинаковых параметрах, является наиболее выгодным и экономически целесообразным.

14 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данном разделе дипломной работы проанализируем условия труда с точки зрения наличия возможности появления опасных и вредных факторов и их воздействие на работающих, рассмотрим мероприятия по технике безопасности и производственной санитарии, а также мероприятия по противопожарной профилактике на рабочем месте электромонтера обслуживающего электрооборудование механического цеха базы металлоконструкций ПАО «ТРК».

14.1 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

14.1.1 АНАЛИЗ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

На предприятии рабочие часто сталкиваются с воздействием таких физически вредных производственных факторов, как:

- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная температура воздуха;
- плохая освещенность рабочего места;
- наличие повышенного уровня шума;
- вибрация;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- тепловое излучение;
- скорость движения воздуха.

Опасные факторы:

- механические травмы;
- возможность поражения электрическим током.

Микроклимат

В обеспечении условий высоко производственного труда научно-технического персонала немаловажную роль играет микроклимат, т.е. факторы

производственной среды, влияющие на физическое и эмоциональное состояние человеческого организма. К таким факторам относятся:

1. температура;
2. влажность и давление воздуха;
3. скорость движения воздуха;
4. интенсивность теплового излучения.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда СанПиН 2.2.4.548-96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»[29]

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- температура воздуха $t^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность $\varphi, \%$;
- скорость движения воздуха $v, \text{м/с}$;
- предельно допустимая концентрация веществ ПДК;
- интенсивность теплового излучения $I, \text{Вт/м}^2$.

Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственного помещения

Оптимальные параметры микроклимата в холодный и теплый периоды года в главном производственном корпусе, для электромонтера, должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 10.1, при этом изменения температуры воздуха в течение смены не должны превышать 2°C и выходить за пределы величин, указанных в таблице 10.1.

К категории Пб относятся работы с расходом энергии от 232 до 293 Дж/с (Работа, связанная с ходьбой и перенесением тяжестей до 10 кг)

Таблица 14.1 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Пб (141-175)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Пб (141-175)	22-24	21-25	60-40	0,2

Таблица 14.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптим. вел.	Диапазон выше оптим. вел.			Для диапазона температур воздуха ниже оптим. вел., не более	Для диапазона температур воздуха выше оптим. вел., не более
Холодный	Пб (141-175)	19-20,9	23,1-24	18-25	15-75	0,1	0,2
Теплый	Пб (141-175)	20-21,9	24,1-28	19-29	15-60	0,1	0,3

Производственная вентиляция

Нормы производственной вентиляции установлены системой стандартов безопасности труда. и санитарные нормы . СП 60.13330.2012 [31]

На рабочем месте предусматривается искусственная приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с расходом воздуха на одного работающего не менее 60 м³/ч.

Воздух, поступающий в помещение в зимнее время, подогревается, а в летнее время охлаждается, кроме того, поступающий воздух при необходимости может быть увлажнен или осушен. Механическая вентиляция обеспечивает

очистку выбрасываемого наружу воздуха, что очень важно для воздушной среды окружающей предприятие.

Производственное освещение

Нормирование освещенности производится в соответствии со СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»[34].

Выбор нормируемой освещенности производится по отраслевым нормам, разработанным в соответствии со СНиП. С учетом выбранной системы освещения выбираем: разряд зрительной работы УП; освещенность при системе 200 лк.

Выбираем светильник ДРЛ наименованием РСП18.

Предусматриваются аварийное освещение с наименьшей освещенностью рабочих мест при аварийном режиме 2 лк, эвакуационное освещение освещенностью при эвакуации людей из помещений не менее 0,5 лк на уровне пола основных проходов и лестниц, а на открытых территориях – не менее 0,2 лк.

Виброакустические вредные факторы

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [32].

Вибрация определяется следующими основными параметрами:

- частота f , Гц;
- амплитуда колебаний d , мм.

Таблица 14.3 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Технологическая	—	117	108	102	101	101	101	—	—	—	—

Методы защиты от вибрации:

- снижение вибрации в источнике ее возникновения: замена динамических технологических процессов статическими, тщательный выбор режима работы оборудования, тщательная балансировка вращающихся механизмов;
- уменьшение параметров вибрации по пути ее распространения от источника: вибродемпфирование, виброгашение, виброизоляция, жесткое присоединение агрегата к фундаменту большой массы, средства индивидуальной защиты (специальные рукавицы, перчатки, прокладки, виброзащитная обувь).

Нормируемые параметры шума на рабочем месте определены ГОСТ 12.1.003 – 2014 ССБТ [17] и Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»[33].

Таблица 14.4 – Допустимые уровни звукового давления, уровни звука на рабочих местах

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	10	9	2	6	3	0	8	6	4	5

Защита от электромагнитных полей

Нормирование ЭМП промышленной частоты осуществляют по предельно допустимым уровням напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц в зависимости от времени пребывания в нем и регламентируются Санитарными нормами и правилами СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»[30]

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м. При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается. Напряженность магнитного поля в соответствии с предельно допустимым уровнем на рабочем месте не должна превышать 8 кА/м[23]

14.1.2 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ

Электробезопасность

Гигиеническое нормирование ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» [22] устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека при нормальном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц, ПУЭ [5].

Основные факторы, определяющие опасность поражения электрическим

Защиту человека от воздействия напряжений прикосновения и токов обеспечивают конструкция электроустановок, технические способы и средства защиты, организационные и технические мероприятия по ГОСТ Р 12.1.019-2009[20].

Таблица 14.5 – Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном режиме электроустановки

Род тока	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 14.6 – Зависимость длительности протекания тока через тело человека от его величины

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t , с							
		0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	>1,0
Переменный 50 Гц	U, В	340	135	105	85	75	70	60	20
	I, мА	400	160	125	90	75	65	50	6
Переменный 400 Гц	U, В	500	330	200	140	130	110	100	36
	I, мА								8
Постоянный	U, В	500	350	250	230	220	210	200	40
	I, мА								15

Поражение электрическим током

Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т. е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках. При этом повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, является опасным фактором. В зависимости от условий производственной среды, в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» [6], должны быть определены следующие пункты

Основными мерами защиты от поражения током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением от случайного прикосновения, с помощью установки (Ограждения делают из диэлектрика или из металла. Они должны располагаться на определенном расстоянии от незаизолированных токоведущих частей, зависящем от напряжения электроустановки и конструкции ограждения. Так, в закрытых РУ это расстояние для сплошных ограждений должно составлять при напряжении, 10 кВ — 150 мм.);
- электрическое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрического оборудования, что достигается

применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала, защитным заземлением, занулением, защитным отключением и др.;

Согласно ПУЭ, сопротивление изоляции в электроустановках напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм.

Расчет защитного заземления

Заземление, устраиваемое с целью обеспечения безопасности, представляет собой преднамеренное соединение с землей металлических частей электрической установки, в нормальных условиях не находящихся под напряжением, при помощи заземляющих проводников и заземлителей.

Назначение защитного заземления заключается в создании между металлическими конструкциями или корпусом защищаемого устройства и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления.

Длина кабельных линий со стороны 10 кВ : $L = 221$ м; грунт-суглинок;
 $R_{уд} = 100$ Ом/м.

Измерения проводились при средней влажности грунта $Y_2 = 1,5$.

В качестве вертикальных заземлителей принимаем стальные стержни диаметром 16 мм и длиной 2,5 м. В качестве соединительной полосы стальная шина сечением 40 х 4 мм.

1. Расчетный ток замыкания на землю со стороны 10 кВ (фазный):

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot (35 \cdot L_K + L_B)}{350} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 35 \cdot 0,221}{350} = 0,229 \text{ А.}$$

Сопротивление заземляющего устройства принимаем $R_3 = 4$ Ом.

2. Рассчитываем удельное сопротивление грунта:

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,5 = 150 \text{ Ом} \cdot \text{м.}$$

3. Сопротивление естественного заземления: $R_E = 6$ Ом, это сопротивление оболочки кабеля.

4. Сопротивление искусственного заземлителя должно быть:

$$R_{II} = \frac{R_E \cdot R_3}{R_E - R_3} = \frac{6 \cdot 4}{6 - 4} = 12 \text{ Ом.}$$

5. Сопротивление одиночного вертикального заземлителя:

$$R_{ст.од} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + L}{5 \cdot H - L} \right) =$$

$$= \frac{150}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{16 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 2,5}{5 \cdot 2 - 2,5} \right) = 56 \text{ Ом.}$$

6. Длина соединительной полосы равна периметру прямоугольника 10x5м, т.е. 30 м.

Вертикальные стержни размещаются через каждые 2,5 м, всего 12 стержней. Сопротивление соединительной полосы:

$$R_{II} = \frac{\rho_{II}}{2 \cdot \pi \cdot l} \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H} = \frac{2 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30^2}{0,04 \cdot 0,8} = 11,6$$

7. С учетом коэффициента использования соединительной полосы:
 $r_{II} = 0,32$

$$R_{ПК} = \frac{R_{II}}{r_{II}} = \frac{11,6}{0,32} = 36 \text{ Ом.}$$

8. Требуемое сопротивление растеканию вертикальных стержней:

$$R_{CT} = \frac{R_{ПК} \cdot R_{II}}{R_{ПК} - R_{II}} = \frac{36 \cdot 12}{36 - 12} = 18 \text{ Ом.}$$

9. Окончательно определяется число вертикальных стержней. Принимая предварительно их число равным 12, длину 2,5 м, расстояние между ними 2,5 м, находим коэффициент использования: $R_{cm} = 0,52$

$$n = \frac{R_{ст.од.}}{R_{CT} \cdot r_{CT}} = \frac{56}{0,52 \cdot 18} = 6$$

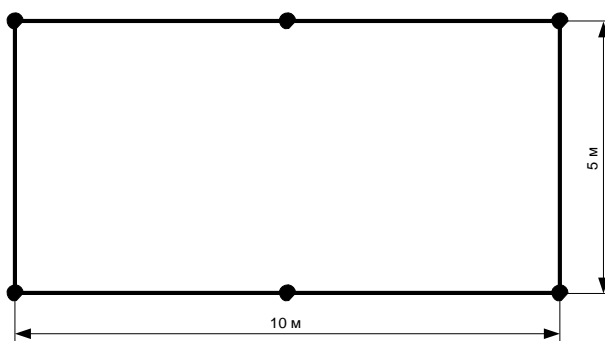


Рисунок 14.1 – Расположение заземляющих электродов

Окончательно принимаем к установке 6 вертикальных электродов расположенных по контуру ТП.

Источники механического травмирования

Шероховатость, риски, заусенцы, острые кромки и выступы на движущихся частях механизмов и инструментов могут иметь место в следующих трех основных местах:

При монтаже выполняются следующие виды работ: резка, формовка, штамповка, тиснение, сверление, формирование заготовок и т. д.;

На приводах и устройствах, передающих механическую энергию: маховики, шкивы, ремни, шатуны, муфты, кулачки, шпиндели, цепи, кривошипы, шестерни и др.;

На прочих движущихся частях, таких как возвратно-поступательные части, а также на механизмах подачи и на вспомогательных частях машины.

Опасности в точках монтажа зависят от типа действий механизмов и инструмента, технологического оборудования: резка, пробивка (удар), срезание, гибка.

Режущее действие создает опасность, так как в точке операции могут быть повреждены пальцы, руки или голова, отскочившая стружка может попасть в глаза и лицо. Типичными примерами машин, представляющих опасность режущего действия, являются ленточные и круглые пилы, расточные и сверлильные станки, токарные и фрезерные станки.

Ударное действие (вырубка) создает опасность там, где материал вставляется, удерживается, а затем вынимается вручную. Типичными машинами, использующими ударное действие, являются прессы с механическим приводом. Значительную травмоопасность представляют движущиеся заготовки, части машины и оборудования.

Организационные мероприятия, способствующие предотвращению травматизма: качественное проведение инструктажа и обучение, привлечение их к работе по специальности, осуществление постоянного руководства и надзора за работой, организация рационального режима труда и отдыха, обеспечение рабочих спецодеждой, спецобувью, личными средствами защиты, выполнение правил эксплуатации оборудования.

К техническим методам обеспечения безопасности протекания технологических процессов и работы оборудования относятся механизация и автоматизация технологических процессов, дистанционное наблюдение и управление, блокировка и сигнализация, надежность и прочность оборудования, специальные средства технической безопасности (ограждение, заземление, амортизация, герметизация, экранирование и т. п.).

14.2 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Для предприятия устанавливается санитарно-защитная зона в соответствии с санитарной классификацией предприятия, 1000 м[28].

Охрана окружающей среды на предприятии предусматривает мероприятия предотвращающие загрязнение воздушного бассейна. С этой целью загрязненный воздух, удаляемый из производственных помещений, пропускается через специальные очистительные фильтрующие и обезвреживающие устройства, которые обеспечивают вытяжному воздуху то же качество, что и на входе.

В самом цехе не образуются сточные воды. Сточные воды появляются в результате мойки оборудования и текущей уборки и специальными сливами

отводятся в технологическую канализационную сеть. Предварительная обработка этой воды перед выливанием в общие сети достигается отведением в бассейны для нейтрализации.

В процессе деятельности различных подразделений предприятия образуются твёрдые промышленные отходы (металлический лом, стружка, пластмассы). Отходы, которые в дальнейшем могут быть использованы в производстве, чаще всего такими отходами оказывается лом цветных металлов, собираются, складироваются и по мере их накопления отправляются на переработку. Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию, выносятся на объекты размещения отходов, если допускают правила. Твёрдые отходы, которые представляет вторичная упаковка, может сортироваться и отправляться на переработку на картонажно-бумажные фабрики.

Сохранение природы является для тракторного завода одной из приоритетных задач. Регулярно разрабатываются и внедряются новые проекты, позволяющие сберечь окружающую среду.

В процессе деятельности различных подразделений предприятия, в соответствии классификацией приказа Росприроднадзора от 22.05.2017 №242 образуются основные виды отходов:

1. Отходы при обработке хозяйственно-бытовых и смешанных сточных вод
2. Лом и отходы цветных металлов загрязнённые
3. Лом и отходы, содержащие цветные металлы
4. Отходы обслуживания трансформаторного оборудования;
5. Лом электротехнических изделий из алюминия (провод, голые жилы кабелей и шнуров, шины распределительных устройств, трансформаторов, выпрямители) и т.п.

Мероприятия по экологической безопасности регламентируются ГОСТ 17.1.3.13-86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений »[24], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. «Санитар-

но-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»[28] ГН 2.2.5.2308-07. «Ориентировочна безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»[14].

14.3 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Энергетика является одним из самых ответственных звеньев народного хозяйства в условиях внезапного нападения, представляет важнейшую отрасль в сохранении нормальной работы, от которой зависит быстрая ликвидация последствий и восстановление функционирования всего производства.

К чрезвычайным ситуациям относятся военные действия, аварии, катастрофы, пожары, стихийные бедствия. Стихийные бедствия - явления природы, возникающие, как правило, внезапно. Они носят чрезвычайный характер и приводят к нарушению нормальной жизни, иногда гибели людей и уничтожению материальных ценностей.

Особенность электроэнергетики

Одновременность выработки, передачи и потребления электроэнергии и контроль за этими процессами.

1. Значительная территориальная разобщенность объектов и удаленность друг от друга и от центров управления.

2. Необходимость обеспечения постоянного и четкого взаимодействия объектов друг с другом.

3. Многообразие систем и устройств, обеспечивающих технологии производства, управления, регулирования и контроль.

4. Быстрое протекание процессов, связанных с отказом элементов или объектов энергетики и потерь электроснабжения. Поэтому электроэнергетика должна обладать высокой надежностью, оперативной управляемостью, живучестью, безопасностью. Под устойчивостью работы понимается способность объекта вырабатывать и передавать электроэнергию в объемах установленных

планами, а при получении слабых и средних разрушений восстанавливать производство в кратчайшие сроки.

Повышение устойчивости функционирования объектов в чрезвычайной ситуации заключается в заблаговременной разработке и осуществлении комплекса инженерно-технических мероприятий, организационных, экономических и прочих, направленных:

1. На предотвращение производственных аварий.
2. На снижение возможных потерь и разрушений от современных средств поражения, от вторичных факторов и стихийных бедствий.
3. На создание условий для восстановления разрушенного производства в минимальные сроки.
4. Обеспечение жизнедеятельности населения.

Требования по обеспечению устойчивости объектов энергетики в чрезвычайных ситуациях сводятся к выполнению следующих мероприятий:

- обеспечение защиты рабочих, служащих и членов их семей и их жизнедеятельности;
- рациональное размещение основных производственных фондов объекта;
- подготовка к работе объекта в чрезвычайной ситуации и выполнению работ по восстановлению объекта.
- Подготовка системы управления объекта для решения задач в чрезвычайных ситуациях.

Пожарная безопасность (ГОСТ12.1.004-91)

Основной причиной пожаров на предприятиях является нарушение технологического режима. Это связано с большим разнообразием и сложностью технологических процессов.

Ответственность за соблюдение необходимого противопожарного режима и своевременное выполнение противопожарных мероприятий возлагается на руководителя предприятия и начальника цеха.

Классификация производств по пожарной опасности (НПБ 105-03)[35]

Наибольшую пожарную опасность представляют маслonaполненные аппараты-трансформаторы, баковые выключатели высокого напряжения, а так же кабели с бумажной изоляцией. В помещениях класса П-2а электрооборудование должно иметь взрывозащищенное, закрытое исполнение, искрящиеся части машин заключаются в пыленепроницаемые колпаки.

ЗРУ 0,4 кВ по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории «В».

Класс пожара – А;

Класс огнестойкости - 4.

Зона пожароопасности – П II а.

Степень защиты оболочек электрических машин - IP44.

В ЗРУ находятся сгораемые элементы (материалы), электрооборудование, следовательно, возможными причинами пожара в ЗРУ являются следующие факторы:

- электрические (короткое замыкание, перегрев проводов);
- открытый огонь (курение персонала в непредусмотренных местах, умышленный поджог);
- статическое электричество.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на:

- организационные;
- технические;
- эксплуатационные (своевременные осмотры и испытания оборудования).

Организация мероприятий предусматривает правильную эксплуатацию машин и внутризаводского трансформатора, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, пожаро-технической комиссий, издание приказа по вопросам усиления пожарной безопасности и т.д.

Средства пожаротушения

Для тушения пожара широко применяются различные химические средства, выбрасываемые в очаг пожара с помощью огнетушителей. В настоящее время наибольшее применение имеют ручные жидкопенные огнетушители типа ОП-1 и густопенные типов ОП-3 и ОП-5б. Для этих огнетушителей применяется заряд, состоящий из кислотной и щелочной части. Например: углекислотные огнетушители типов ОУ-2А, ОУ-5, ОУ-8 и другие, предназначенные для тушения возгорания различных материалов и электроустановок. Согласно ПУЭ при сдаче в эксплуатацию в КТПН должны быть обеспечены противопожарными средствами и инвентарём.

Поэтому устанавливается в помещении РУ-0,4 кВ пожарный инвентарь, в который входит : ручные углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, пенные огнетушители ОВП-4, ящик с песком 3м³ - 1шт, асбест 2 х 1,5м – 1шт, ведро - 2 шт, лопата - 2шт, багор.

Профилактические мероприятия, предупреждающие возникновение пожаров

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на организационные, технические, режимные и эксплуатационные. Организационные мероприятия предусматривают: правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий, территории, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, организацию добровольных пожарных дружин, пожарнотехнических комиссий, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности и т. д.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил и норм при проектировании зданий, при обустройстве электропроводки и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

В пожарную профилактику при проектировании и строительстве промышленных предприятий и строительстве промышленных предприятий входят

такие мероприятия:

- группирования в отдельные комплексы объектов, родственных, по фундаментальному назначению и признаку пожарной опасности с учётом рельефа местности.

- устройство противопожарных резервуаров и преград;
- предусмотрение пути эвакуации людей на случай пожара;
- удаление дыма с помещений при пожаре;
- повышение огнестойкости зданий и сооружений путем облицовки или оштукатуривании металлических конструкции.

14.4 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТИРУЕМОЙ ЗОНЫ

Под вредными условиями труда следует понимать присутствие на производстве таких факторов, которые наносят ущерб здоровью работников. То есть на рабочих местах не соблюдены определенные гигиенические требования, что может оказывать отрицательное воздействие на дееспособность служащих, а также на здоровье их возможных детей.

Максимальная безопасность производства и забота о благосостоянии сотрудников были и остаются основными составляющими социальных программ. Ежегодно на социальные программы предприятие выделяет солидные средства. Сюда входит:

- организация санаторно-курортного лечения, оздоровление работников и их детей;
- оказание медицинских услуг;
- развитие корпоративного спорта и культурно-массовой деятельности;
- материальное поощрение работников к юбилеям и знаменательным датам;
- материальная помощь работникам, нуждающимся в дополнительной

социальной поддержке;

-единовременные компенсационные выплаты увольняющимся
работникам в связи с выходом на пенсию;

-пенсионные социальные программы, предусматривающие досрочное
оформление пенсии работникам;

-выплаты ежеквартальной материальной помощи для частичного покрытия расходов по квартплате, коммунальным услугам, приобретению угля на зимний период, а также единовременной материальной помощи на оплату медикаментов и т.д.

В организационные вопросы обеспечения безопасности труда входит разработка инструкций по работе и обслуживанию электромеханических станков и оборудования. Проведение обучения работы на станках и проверка знаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения проекта был произведен расчет системы электроснабжения по предприятию в целом.

Был выполнен расчет электрических нагрузок методом упорядоченных диаграмм для механического цеха. В результате определено, что расчетная активная и реактивная мощность составили 251 кВт и 207,7квар соответственно.

Расчет нагрузок по предприятию был выполнен методом коэффициента спроса. Также методом удельной нагрузки был выполнен расчет освещения корпусов и территории завода.

В результате расчета плотности нагрузки было установлено, что она достаточно не высока, однако нагрузка практически всех корпусов гораздо ниже необходимой единичной принимаемой трансформаторной мощности. Поэтому было принято решение установить одну двухтрансформаторную 2КТП 2х630кВА для питания всех электроприемников 0,38 кВ завода. КТП установили с наружи, как можно ближе к определенному центру нагрузок. От КТП получают питание распределительные пункты 0,38 кВ, находящиеся в корпусах.

Выбор кабельных линий производился по допустимому нагреву для напряжения 0,38 кВ и экономической плотности тока на напряжение 10 кВ. После чего выбранные кабельные линия проверялись на допустимую потерю напряжения у наиболее удаленного потребителя путем построения эпюры отклонения напряжения.

Расчет токов КЗ позволил выбрать коммутационную защитную аппаратуру для ЭП и КТП. Были выбраны выключатели серии ВА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барченко Т.Н., Закиров Р.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебное пособие к курсовому проекту. Томск, изд. ТПИ им. С.М. Кирова, 1988. – 96с.
2. Белоруссов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры: Справочник / Н.И. Белорусов, А.Е. Саакян, А.И. Яковлева: Под ред. Н.И. Белоруссова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.; ил.
3. Беркович М.А. и др. Основы автоматики энергосистем / М.А. Беркович, А.Н. Комаров, В.А. Семенов. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 432 с., ил.
4. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.; ил.
5. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов вузов по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 400 с., ил.
6. Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. Пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.: ил.
7. Мельников М.А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий. Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 142 с.
8. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. М., «Энергия», 1973. – 584 с.; ил.
9. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового проектирования: Учеб пособие для вузов. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

10. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - 6-е изд., перераб и доп. - И.: Энергоатомиздат, 1986. - 648 с.:
11. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. с изм. и дополн. — СПб, 2002. — 330 с.
12. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. — М. Энергоатомиздат, 1987. — 648 с.: ил.
13. Соколов Б.А., Соколова Н.Б. Монтаж электрических установок. — 3-е изд., перераб. и доп. — М., Энергоатомиздат, 1991. — 592 с.: ил.
14. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.1. Электроснабжение / Под общ. ред. А.А. Федорова. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 568 с.: ил.
15. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т.2. Электрооборудование / Под общ. ред. А.А. Федорова. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 592 с.: ил.
16. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общ. ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского. В 2-х кн. Кн.1. Проектно — расчетные сведения. М., «Энергия», 1973. — 520 с., ил.
17. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 427 с., ил.
18. Электротехнический справочник: В 3 т. Т.1. Общие вопросы. Электротехнические материалы / Под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. — 7-е изд., испр. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 488 с.: ил.
19. Электротехнический справочник. В 4 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. Профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. И.Н. Орлов) — 8-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство МЭИ, 2001. — 518 с.: ил

Нормативная литература

20. ГН 2.2.5.2308 – 07. «Ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
21. ГОСТ 12.0.003–74.ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
22. ГОСТ 12.0.003 – 82 «ССБТ Производственная санитария».
23. ГОСТ 12.1.003 – 83. «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
24. ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
25. ГОСТ 12.1.010-76 «ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования».
26. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ».
27. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. «Средства и методы защиты от шума. Классификация».
28. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».
29. ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля».
30. ГОСТ 17.1.3.13–86. «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений».
31. ГОСТ Р 22.3.03-94. «Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения».
32. ГОСТ Р 22.0.07-95. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров».
33. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок ПОТ Р М – 016 – 2001; РД 153 – 34.0 – 03.150 – 00.

34. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».
35. СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
36. СанПиН 2.2.4.1191–03. «Электромагнитные поля в производственных условиях».
37. СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
38. СН 2.2.4/2.1.8.566. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.» – М.: Минздрав России, 1997.
39. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».
40. СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».
41. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»